

Ketentuan seismik untuk struktur baja bangunan gedung

Seismic provisions for structural steel buildings

(ANSI/AISC 341-10, IDT)



© BSN 2015

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	xv
Simbol	xvi
Daftar Istilah	xxii
Singkatan	xxx
BAB A PERSYARATAN UMUM	1
A1. RUANG LINGKUP	1
A2. SPESIFIKASI, PERATURAN dan STANDAR YANG DIACU	2
A3. MATERIAL	2
1. Spesifikasi Material	2
2. Kekuatan Material Ekspektasi	3
3. Profil Besar	4
4. Bahan Habis Pakai untuk Pengelasan	5
4a. Las Sistem Penahan Gaya Seismik	5
4b. Las Kritis Perlu	5
5. Beton dan Tulangan Baja	6
A4. GAMBAR DESAIN STRUKTUR DAN SPESIFIKASI	6
1. Umum	6
2. Konstruksi Baja	6
3. Konstruksi Komposit	7
BAB B PERSYARATAN DESAIN UMUM	8
B1. PERSYARATAN UMUM PERANCANGAN SEISMIK	8
B2. BEBAN DAN KOMBINASI BEBAN	8
B3. DASAR DESAIN	9
1. Kekuatan Perlu	9
2. Kekuatan Tersedia	9
B4. TIPE SISTEM STRUKTUR	9
BAB C ANALISIS	10
C1. PERSYARATAN UMUM	10
C2. PERSYARATAN TAMBAHAN	10
C3. ANALISIS NONLINIER	10
BAB D PERSYARATAN UMUM PERANCANGAN KOMPONEN STRUKTUR DAN SAMBUNGAN	11
D1. PERSYARATAN KOMPONEN STRUKTUR	11
1. Klasifikasi Profil untuk Daktalitas	11

1a. Persyaratan Profil untuk Komponen Struktur Daktil	11
1b. Pembatasan Lebar-terhadap-Tebal dari Baja dan Penampang Komposit	11
2. Breising Stabilitas Balok	13
2a. Komponen Struktur Daktil Sedang	14
2b. Komponen Struktur Daktil Tinggi	15
2c. Breising Khusus pada Lokasi Sendi Plastis	15
3. Zona Terlindung	16
4. Kolom	16
4a. Kekuatan Perlu	16
4b. Kolom Komposit Terbungkus Beton	17
4c. Kolom Komposit Terisi Beton	19
5. Diafragma Pelat Komposit	20
5a. Transfer Beban	20
5b. Kekuatan Geser Nominal	20
D2. SAMBUNGAN	20
1. Umum	20
2. Joint Baut	20
3. Joint Las	21
4. Pelat Pernerus dan Pengaku	21
5. <i>Splice</i> Kolom	21
5a. Lokasi <i>Splice</i>	21
5b. Kekuatan Perlu	22
5c. Kekuatan Geser Perlu	22
5d. Konfigurasi <i>Splice</i> Baja Struktural	23
5e. <i>Splice</i> pada Kolom Komposit Terbungkus Beton	23
6. Dasar Kolom	23
6a. Kekuatan Aksial Perlu	23
6b. Kekuatan Geser Perlu	24
6c. Kekuatan Lentur Perlu	24
7. Sambungan Komposit	24
8. Angkur Baja	26
D3. DEFORMASI KOMPATIBILITAS KOMPONEN STUKTUR NON-SISTEM PENAHAN GAYA SEISMIK (NON-SPGS) DAN SAMBUNGAN	26
D4. TIANG H	26
1. Persyaratan Desain	26
2. Tiang H Miring	27
3. Gaya Tarik	27
4. Zona Terlindung	27

BAB E SISTEM RANGKA MOMEN	28
E1. RANGKA MOMEN BIASA	28
1. Ruang Lingkup	28
2. Dasar Desain	28
3. Analisis	28
4. Persyaratan Sistem	28
5. Komponen Struktur	28
5a. Persyaratan Dasar	28
5b. Zona Terlindung	28
6. Sambungan	29
6a. Las Kritis Perlu	29
6b. Sambungan Momen Tertahan Penuh (TP)	29
6c. Sambungan Momen Tertahan Sebagian (TS)	30
E2. RANGKA MOMEN MENENGAH (RMM)	31
1. Ruang Lingkup	31
2. Dasar Desain	31
3. Analisis	31
4. Persyaratan Sistem	31
4a. Breising Stabilitas Balok	31
5. Komponen Struktur	31
5a. Persyaratan Dasar	31
5b. Sayap Balok	31
5c. Zona Terlindung	32
6. Sambungan	32
6a. Las Kritis Perlu	32
6b. Persyaratan Sambungan Balok-ke-Kolom	32
6c. Pembuktian Kesesuaian	33
6d. Kekuatan Geser Perlu	33
6e. Zona Panel	33
6f. Pelat Penerus	34
6g. Sambungan Kolom	34
E3. RANGKA MOMEN KHUSUS	34
1. Ruang Lingkup	34
2. Dasar Desain	34
3. Analisis	34
4. Persyaratan Sistem	35
4a. Rasio Momen	35

4b. Breising Stabilitas Balok	37
4c. Breising Stabilitas pada Sambungan Balok-ke-Kolom	37
5. Komponen Struktur	38
5a. Persyaratan Dasar	38
5b. Sayap Balok	38
5c. Zona Terlindung	39
6. Sambungan	39
6a. Las Kritis Perlu	39
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	39
6c. Pembuktian Kesesuaian	40
6d. Kekuatan Geser Perlu	40
6e. Zona Panel	40
6f. Pelat Penerus	42
6g. Sambungan Kolom	44
E4. RANGKA MOMEN RANGKA BATANG KHUSUS (RMRBK)	44
1. Ruang Lingkup	44
2. Dasar Desain	44
3. Analisis	44
3a. Segmen Khusus	44
3b. Segmen Non-Khusus	44
4. Persyaratan Sistem	45
4a. Segmen Khusus	45
4b. Breising Stabilitas Rangka Batang	45
4c. Breising Stabilitas dari Sambungan Rangka Batang-ke-Kolom	45
4d. Kekakuan Breising Stabilitas	46
5. Komponen Struktur	46
5a. Komponen Struktur Segmen Khusus	46
5b. Kekuatan Geser Vertikal Ekspektasi dari Segmen Khusus	46
5c. Pembatasan Tebal terhadap Lebar	47
5d. Komponen <i>Chord</i> Tersusun	47
5e. Zona Terlindung	47
6. Sambungan	47
6a. Las Kritis Perlu	47
6b. Sambungan Komponen Struktur Badan Diagonal pada Segmen Khusus	47
6c. Sambungan Kolom	48
E5. SISTEM KOLOM KANTILEVER BIASA	48
1. Ruang Lingkup	48

2. Dasar Desain	48
3. Analisis	48
4. Persyaratan Sistem	48
4a. Kolom	48
4b. Breising Stabilitas dari Kolom	48
5. Komponen Struktur	49
5a. Persyaratan Dasar	49
5b. Sayap Kolom	49
5c. Zona Terlindung	49
6. Sambungan	49
6a. Las Kritis Perlu	49
6b. Dasar Kolom	49
E6. Sistim Kolom Kantilever Khusus (SKKK)	49
1. Ruang Lingkup	49
2. Dasar Desain	49
3. Analisis	49
4. Persyaratan Sistem	49
4a. Kolom	49
4b. Breising Stabilitas dari Kolom	49
5. Komponen Struktur	50
5a. Persyaratan Dasar	50
5b. Sayap Kolom	50
5c. Zona Terlindung	50
6. Sambungan	50
6a. Las Kritis Perlu	50
6b. Dasar Kolom	50
BAB F SISTEM RANGKA TERBREIS DAN SISTEM DINDING GESER	51
F1. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS BIASA	51
1. Ruang Lingkup	51
2. Dasar Desain	51
3. Analisis	51
4. Persyaratan Sistem	51
4a. Rangka Terbreis-V dan Rangka Terbreis-V Terbalik	51
4b. Rangka Terbreis-K	52
5. Komponen Struktur	52
5a. Persyaratan Dasar	52
5b. Kelangsingan	52

SNI 7860:2015

6. Sambungan	52
6a. Sambungan Breis Diagonal	52
7. Rangka Terbreis Konsentris Biasa dengan Sistem Isolasi Seismik	53
7a. Persyaratan Sistem	53
7b. Komponen Struktur	53
F2. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS	53
1. Ruang Lingkup	53
2. Dasar Desain	53
3. Analisis	53
4. Persyaratan Sistem	54
4a. Distribusi Gaya Lateral	54
4b. Rangka Terbreis-V dan Rangka Terbreis-V Terbalik	54
4c. Rangka Terbreis K	55
4d. Rangka yang Hanya untuk Menahan Gaya Tarik	55
5. Komponen Struktur	55
5a. Persyaratan Dasar	55
5b. Breis Diagonal	55
5c. Zona Terlindung	56
6. Sambungan	56
6a. Las Kritis Perlu	56
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	56
6c. Kekuatan Perlu Sambungan Breis	57
6d. Splices Kolom	58
F3. RANGKA TERBREIS EKSENTRIS	58
1. Ruang Lingkup	58
2. Dasar Desain	58
3. Analisis	59
4. Persyaratan Sistem	60
4a. Sudut Rotasi Elemen Perangkai	60
4b. Breising Elemen Perangkai	60
5. Komponen Struktur	60
5a. Persyaratan Dasar	60
5b. Elemen Perangkai	61
5c. Zona Terlindung	64
6. Sambungan	64
6a. Las Kritis Perlu	64
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	65

6c. Sambungan Breis Diagonal	65
6d. Splices Kolom	66
6e. Sambungan Elemen Perangkai-ke-Kolom	66
F4. RANGKA TERBREIS PENAHAN TEKUK	67
1. Ruang Lingkup	67
2. Dasar Desain	67
2a. Kekuatan Breis	67
3. Analisis	68
4. Persyaratan Sistem	69
4a. Rangka Terbreis-V dan Rangka Terbreis-V Terbalik	69
4b. Rangka Terbreis-K	69
5. Komponen Struktur	69
5a. Persyaratan Dasar	70
5b. Breis Diagonal	70
5c. Zona Terlindung	71
6. Sambungan	71
6a. Las Kritis Perlu	71
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	71
6c. Sambungan Breis Diagonal	72
6d. Splice Kolom	73
F5. DINDING GESER PELAT KHUSUS	73
1. Ruang Lingkup	73
2. Dasar Desain	73
3. Analisis	73
4. Persyaratan Sistem	74
4a. Kekakuan Elemen Pembatas	74
4b. Rasio Momen Sambungan EPH-ke-EPV	74
4c. Breising	74
4d. Bukaan pada Badan	74
5. Komponen Struktur	74
5a. Persyaratan Dasar	75
5b. Badan	75
5c. Zona Terlindung	75
6. Sambungan	75
6a. Las Kritis Perlu	75
6b. Sambungan EPH-ke-EPV	76
6c. Sambungan Badan ke Elemen Pembatas	76

SNI 7860:2015

6d. Splice Kolom	76
7. Badan Berlubang	77
7a. Tata Letak Lubang Lingkaran yang Teratur	77
7b. Potongan Sudut Diperkuat	78
BAB G SISTEM RANGKA MOMEN KOMPOSIT	80
G1. RANGKA MOMEN BIASA KOMPOSIT (RMB-K)	80
1. Ruang Lingkup	80
2. Dasar Desain	80
3. Analisis	80
4. Persyaratan Sistem	80
5. Komponen Struktur	80
5a. Zona Terlindung	81
6. Sambungan	81
6a. Las Kritis Perlu	81
G2. RANGKA MOMEN MENENGAH KOMPOSIT (RMM-K)	81
1. Ruang Lingkup	81
2. Dasar Desain	81
3. Analisis	81
4. Persyaratan Sistem	81
4a. Breising Stabilitas Balok	81
5. Komponen Struktur	82
5a. Persyaratan Dasar	82
5b. Sayap Balok	82
5c. Zona Terlindung	82
6. Sambungan	82
6a. Las-las Kritis Perlu	82
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	82
6c. Pembuktian Kesesuaian	83
6d. Kekuatan Geser Perlu	83
6e. Pelat Diafragma Penyambung	83
6f. Splice Kolom	83
G3. RANGKA MOMEN KHUSUS KOMPOSIT (RMK-K)	84
1. Ruang Lingkup	84
2. Dasar Desain	84
3. Analisis	84
4. Persyaratan Sistem	84
4a. Rasio Momen	84

4b. Breising Stabilitas Balok	85
4c. Breising Stabilitas pada Sambungan Balok-ke-Kolom	85
5. Komponen Struktur	85
5a. Persyaratan Dasar	85
5b. Sayap Balok	86
5c. Zona Terlindung	86
6. Sambungan	86
6a. Las Kritis Perlu	86
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	87
6c. Pembuktian Kesesuaian	87
6d. Kekuatan Geser Perlu	87
6e. Pelat Diafragma Penyambung	88
6f. Splice Kolom	88
G4. RANGKA MOMEN TERTAHAN SEBAGIAN KOMPOSIT (PMTS-K)	88
1. Ruang Lingkup	88
2. Dasar Desain	88
3. Analisis	88
4. Persyaratan Sistem	88
5. Komponen Struktur	88
5a. Kolom	88
5b. Balok	89
5c. Zona Terlindung	89
6. Sambungan	89
6a. Las Kritis Perlu	89
6b. Kekuatan Perlu	89
6c. Sambungan Balok-ke-Kolom	89
6d. Pembuktian Kesesuaian	89
6e. Splice Kolom	90
BAB H SISTEM RANGKA-TERBREIS KOMPOSIT DAN SISTEM DINDING-GESER	91
H1. RANGKA TERBREIS BIASA KOMPOSIT (PTB-K)	91
1. Ruang Lingkup	91
2. Dasar Desain	91
3. Analisis	91
4. Persyaratan Sistem	92
5. Komponen Struktur	92
5a. Persyaratan Dasar	92
5b. Kolom	92

SNI 7860:2015

5c. Breis	92
5d. Zona Terlindung	92
6. Sambungan	92
6a. Las Kritis Perlu	92
H2. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS KOMPOSIT (PBKK-K)	92
1. Ruang Lingkup	92
2. Dasar Desain	92
3. Analisis	93
4. Persyaratan Sistem	93
5. Komponen Struktur	93
5a. Persyaratan Dasar	93
5b. Breis Diagonal	93
5c. Zona Terlindung	93
6. Sambungan	93
6a. Las Kritis Perlu	93
6b. Sambungan Balok-ke-Kolom	93
6c. Kekuatan Perlu Sambungan Breis	94
6d. Splice Kolom	94
H3. RANGKA TERBREIS EKSENTRIS KOMPOSIT (RTE-K)	94
1. Ruang Lingkup	94
2. Dasar Desain	94
3. Analisis	95
4. Persyaratan Sistem	95
5. Komponen Struktur	95
6. Sambungan	95
6a. Sambungan Balok-ke-Kolom	95
H4. DINDING GESER BIASA KOMPOSIT (DGB-K)	95
1. Ruang Lingkup	95
2. Dasar Desain	95
3. Analisis	96
4. Persyaratan Sistem	96
5. Komponen Struktur	96
5a. Komponen Struktur Pembatas	96
5b. Balok Kopel	97
5c. Zona Terlindung	99
6. Sambungan	99
6a. Las Kritis Perlu	99

H5. DINDING GESER KHUSUS KOMPOSIT (DGK-K)	99
1. Ruang Lingkup	99
2. Dasar Desain	99
3. Analisis	99
4. Persyaratan Sistem	100
5. Komponen Struktur	100
5a. Elemen Daktil	100
5b. Komponen Struktur Pembatas	100
5c. Balok Kopel Baja	100
5d. Balok Kopel Komposit	102
5e. Zona Terlindung	102
6. Sambungan	102
6a. Las Kritis Perlu	102
6b. Splice Kolom	102
H6. DINDING GESER PELAT KOMPOSIT	102
1. Ruang Lingkup	102
2. Dasar Desain	103
3. Analisis	103
3a. Badan	103
3b. Komponen Struktur dan Sambungan Lainnya	103
4. Persyaratan Sistem	103
4a. Tebal Pelat Baja	103
4b. Kekakuan Elemen Pembatas Vertikal	103
4c. Rasio Momen Sambungan EPH-ke-EPV	103
4d. Breising	103
4e. Bukaan pada Badan	103
5. Komponen Struktur	104
5a. Persyaratan Dasar	104
5b. Badan	104
5c. Elemen Pengaku Beton	104
5d. Komponen Struktur Pembatas	104
5e. Zona Terlindung	105
6. Sambungan	105
6a. Las Kritis Perlu	105
6b. Sambungan EPH-ke-EPV	105
6c. Sambungan Pelat Baja ke Elemen Pembatas	105
6d. Sambungan Pelat Baja ke Panel Beton Bertulang	105

6e. Splice Kolom	105
BAB I PABRIKASI DAN EREKSI	106
I1. GAMBAR KERJA DAN GAMBAR EREKSI	106
1. Gambar Kerja untuk Konstruksi Baja	106
2. Gambar Ereksi untuk Konstruksi Baja	106
3. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi untuk Konstruksi Komposit	106
I2. PABRIFIKASI DAN EREKSI	107
1. Zona Terlindung	107
2. Joint Baut	107
3. Joint Las	107
4. Pelat Penerus dan Pengaku	108
BAB J PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS	109
J1. RUANG LINGKUP	109
J2. DOKUMEN FABRIKATOR DAN EREKTOR	109
1. Dokumen yang Disampaikan untuk Konstruksi Baja	109
2. Dokumen yang Tersedia Diperiksa untuk Konstruksi Baja	110
3. Dokumen yang Disampaikan untuk Konstruksi Komposit	110
4. Dokumen yang Tersedia Diperiksa untuk Konstruksi Komposit	110
J3. DOKUMEN BADAN PENJAMIN KUALITAS	111
J4. PERSONIL PEMERIKSA DAN PERSONIL PENGUJI NON-DESTRUKTIF	111
J5. TUGAS PEMERIKSA	111
1. Observasi (O)	112
2. Pelaksana (P)	112
3. Dokumen (D)	112
4. Pemeriksaan Terkoordinasi	112
J6. PEMERIKSA PENGELASAN DAN PENGUJI NON-DESTRUKTIF	112
1. Pemeriksaan Pengelasan Secara Visual	112
2. Pengujian Non-Destruktif (PND) Joint Las	114
2a. Pengujian Non-Destruktif Daerah <i>k</i>	114
2b. Pengujian Non-Destruktif (PND) Las Tumpul Penetrasi Joint Lengkap (P JL)	114
2c. Pengujian Non-Destruktif (PND) Logam Dasar untuk Penyobekan Tipis dan Laminasi	114
2d. Pengujian Non-Destruktif (PND) Coakan Balok dan Lubang Akses	114
2e. Pengujian Non-Destruktif (PND) Memperbaiki Penampang Balok yang Direduksi	115
2f. Lokasi Penghapusan Tab Las	115
2g. Pengurangan Prosentase Pengujian Ultrasonik	115
2h. Pengurangan Prosentase Pengujian Partikel Magnetik	115

J7. PEMERIKSAAN BAUT KEKUATAN TINGGI	115
J8. PEMERIKSAAN STRUKTUR BAJA LAINNYA	116
J9. PEMERIKSAAN STRUKTUR KOMPOSIT	116
J10. PEMERIKSAAN FONDASI TIANG	117
BAB K KETENTUAN PENGUJIAN PRAKUALIFIKASI DAN KUALIFIKASI SIKLUS	118
K1. PRAKUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK-KE-KOLOM DAN SAMBUNGAN ELEMEN PERANGKAI-KE-KOLOM	118
1. Ruang Lingkup	118
2. Persyaratan Umum	118
2a. Dasar untuk Prakualifikasi	118
2b. Otoritas untuk Prakualifikasi	118
3. Persyaratan Pengujian	119
4. Variabel Prakualifikasi	119
4a. Parameter Balok atau Parameter Elemen Perangkai	119
4b. Parameter Kolom	119
4c. Hubungan Balok (atau Elemen Perangkai)-kolom	120
4d. Pelat Penerus	120
4e. Las	120
4f. Baut	120
4g. Pengerjaan	121
4h. Detail Sambungan Tambahan	121
5. Prosedur Desain	121
6. Catatan Prakualifikasi	121
K2. PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK-KE-KOLOM DAN ELEMEN PERANGKAI-KE-KOLOM	122
1. Ruang Lingkup	122
2. Persyaratan <i>Subassemblage</i> (Bagian Struktur yang Diuji)	122
3. Variabel Pengujian Sifat-sifat Dasar	122
3a. Sumber Rotasi Inelastis	122
3b. Ukuran Komponen Struktur	123
3c. Detail Sambungan	123
3d. Pelat Penerus	123
3e. Kekuatan Baja	123
3f. Joint Las	124
3g. Joint Baut	125
4. Riwayat Pembebanan	126
4a. Persyaratan Umum	126
4b. Urutan Pembebanan untuk Sambungan Momen Balok-ke-Kolom	126

4c. Urutan Pembebanan untuk Sambungan Balok Perangkai-ke-Kolom	126
5. Peralatan	127
6. Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material	127
6a. Persyaratan Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural	127
6b. Metode Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural	127
6c. Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material Metal Las	127
7. Persyaratan Pelaporan Pengujian	128
8. Kriteria Penerimaan	129
K3. PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI BREIS PENAHAN-TEKUK	129
1. Ruang Lingkup	129
2. Spesimen Uji Subassemblage (Bagian Struktur yang Diuji)	129
3. Spesimen Uji Breis	130
3a. Desain Spesimen Uji Breis	130
3b. Pembuatan Spesimen Uji Breis	130
3c. Kesamaan Spesimen Uji Breis dan Prototipe	131
3d. Detail Sambungan	131
3e. Material	131
3f. Sambungan	131
4. Riwayat Pembebanan	131
4a. Persyaratan Umum	131
4b. Pengawasan Pengujian	132
4c. Urutan Pembebanan	132
5. Instrumen	132
6. Persyaratan Pengujian Material	133
6a. Persyaratan Pengujian Tarik	133
6b. Metode Pengujian Tarik	133
7. Persyaratan Pelaporan Pengujian	133
8. Kriteria Penerimaan	134

Prakata

Standar Nasional Indonesia mengenai “Ketentuan seismik untuk struktur baja bangunan gedung” ini memberikan persyaratan umum, persyaratan desain, analisis, persyaratan desain komponen struktur dan sambungan, sistem rangka-momen, sistem rangka-terbreis dan dinding-geser, sistem rangka momen komposit, rangka terbreis komposit dan sistem dinding geser, fabrikasi dan ereksi, pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas, ketentuan pengujian prakualifikasi dan kualifikasi siklik. Persyaratan tersebut dimaksudkan untuk menjamin agar bangunan gedung baja yang didesain sesuai standar ini tidak akan runtuh akibat gempa kuat.

Standar ini merupakan adopsi identik dengan metode terjemahan dari AISC 341-10 *Specification for Structural Steel Buildings* yang diterbitkan oleh the *American Institute of Steel Construction*.

Terdapat beberapa standar yang dijadikan sebagai acuan dalam standar ini telah diadopsi menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu:

- SEI/ASCE 7-10 *Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures* telah diadopsi isi pasal yang sesuai dengan yang diperlukan untuk kondisi pembebanan bangunan gedung dan struktur lain di Indonesia tanpa mencakup pasal mengenai beban gempa menjadi SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain.
- SEI/ASCE 7 *Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures* telah diadopsi pasal mengenai beban gempa menjadi SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
- AISC 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings* telah diadopsi secara identik menjadi SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural
- ACI 318M-11 *Building code requirements for structural concrete* telah diadopsi secara modifikasi menjadi SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

Untuk menjaga ketertelusuran, struktur standar ini menggunakan struktur standar yang diadopsi. Bila ada keraguan mengenai pemahaman standar ini, maka agar mengacu pada naskah aslinya dalam bahasa Inggris.

Standar ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sain, Struktur dan Konstruksi Bangunan dan telah dibahas dan disetujui pada rapat konsensus tanggal 29 November 2011 di Bandung dan telah melalui proses jajak pendapat pada tanggal 20 Januari 2013 hingga 20 Maret 2013.

Simbol

Simbol yang tertera di bawah ini digunakan sebagai tambahan atau pengganti untuk simbol pada *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jika terjadi duplikasi penggunaan simbol antara Ketentuan Desain Tahan Gempa untuk Struktur Gedung Baja dan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, simbol yang tertera di tabel ini harus digunakan. Nomor pasal atau nomor tabel pada kolom sebelah kanan mengacu pada tempat di mana simbol pertama digunakan.

Simbol	Definisi	Referensi
A_b	luas penampang Elemen Pembatas Horizontal (EPH), in. ² (mm ²)	F5.5b
A_c	Luas penampang Elemen Pembatas Vertikal (EPV), in. ² (mm ²)	F5.5b
A_f	Luas bruto sayap, in. ² (mm ²)	E4.4b
A_g	Luas bruto, in. ² (mm ²)	E3.4a
A_{lw}	Luas badan elemen perangkai (termasuk sayap), in. ² (mm ²)	F3.5a
A_s	Luas penampang dari inti baja struktural, in. ² (mm ²)	D1.4b
A_s	Luas tulangan transversal pada balok kopel, in. ² (mm ²)	H4.5b
A_s	Luas tulangan dinding longitudinal yang tersedia di atas panjang yang tertanam, L_e , in. ² (mm ²)	H5.5c
A_{sc}	Luas penampang dari segmen leleh inti baja, in. ² (mm ²)	F4.5b
A_{sh}	Luas minimum tulangan sengkang, in. ² (mm ²)	D1.4b
A_{sp}	Luas horizontal pelat baja diperkaku pada dinding geser pelat komposit, in. ² (mm ²)	H6.3b
A_{st}	Luas penampang horizontal dari pengaku <i>elemen perangkai</i> , in. ² (mm ²)	F3.5b
A_{tb}	Luas tulangan penyalur yang diperlukan pada masing-masing dari daerah pertama dan kedua diikatkan ke sayap paling atas dan bawah, in. ² (mm ²)	H5.5c
A_{tw}	Luas badan balok baja, in. ² (mm ²)	H4.5b
C_a	Rasio dari kekuatan perlu terhadap kekuatan tersedia	Tabel D1.1
C_d	Koefisien sehubungan dengan kekakuan breis relatif dan kurvatur	D1.2a
D	Beban mati akibat berat elemen struktur dan bagian tetap bangunan gedung, kips (N)	Tabel D1.4b
D	Diameter terluar, in. (mm)	Tabel D1.1
D	Diameter lubang, in. (mm)	F5.7a
E	Efek Beban gempa, kips (N)	F1.4a
E	Modulus elastis baja, $E = 29\,000$ ksi (200 000 MPa)	Tabel D1.1
E_{mh}	Efek beban gempa horizontal termasuk faktor kekuatan-lebih, kips (N)	B2
F_{cr}	Tegangan Kritis, ksi (MPa)	F1.6a
F_{cre}	Tegangan kritis yang dihitung dari <i>Spesifikasi</i> Bab E menggunakan tegangan leleh ekspektasi, ksi (MPa)	F1.6a
F_y	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, ksi (MPa). Seperti yang digunakan dalam	A3.2

	Spesifikasi, "tegangan leleh" menunjuk titik leleh minimum yang disyaratkan (untuk baja yang memiliki titik leleh) atau kekuatan leleh yang disyaratkan (untuk baja yang tidak memiliki titik leleh)	
F_{yb}	Tegangan leleh minimum balok yang disyaratkan, ksi (MPa)	E3.4a
F_{yc}	Tegangan leleh minimum kolom yang disyaratkan, ksi (MPa)	E3.4a
F_{ysc}	Tegangan leleh minimum inti baja yang disyaratkan, atau tegangan leleh aktual inti baja seperti yang ditentukan dari suatu bagian pengujian, ksi (MPa)	F4.5b
F_{ysr}	Tegangan leleh minimum sengkang pengikat yang disyaratkan, ksi (MPa)	D1.4b
F_{ysr}	Tegangan leleh minimum tulangan transversal yang disyaratkan, ksi (MPa)	H4.5b
F_{ysr}	Tegangan leleh minimum tulangan transfer yang disyaratkan, ksi (MPa)	H5.5c
F_u	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)	A3.2
H	Tinggi tingkat, boleh diambil sebagai jarak antara sumbu pusat ke pusat dari lantai yang merangka pada setiap dari level di atasnya dan di bawah nya, atau jarak antara pelat lantai paling atas pada masing-masing dari level di atas dan di bawah, in. (mm)	D2.5c
H_c	Tinggi bersih dari kolom antara sambungan-sambungan balok, termasuk pelat struktural, jika ada, in. (mm)	F2.6d
I	Momen inersia, in. ⁴ (mm ⁴)	E4.5b
I_b	Momen inersia Elemen Pembatas Horizontal diambil tegak lurus terhadap arah dari sumbu pelat badan, in. ⁴ (mm ⁴)	F5.4a
I_c	Momen inersia Elemen Pembatas Vertikal (EPV) diambil tegak lurus terhadap arah sumbu pelat badan, in. ⁴ (mm ⁴)	F5.4a
I_y	Momen inersia di sumbu dalam bidang EBF, in. ⁴ (mm ⁴)	F3.5b
I_y	Momen inersia pelat, in. ⁴ (mm ⁴)	F5.7b
K	Faktor panjang efektif untuk komponen struktur prismatis	F1.5b
L	Beban hidup akibat hunian dan peralatan yang bisa dipindahkan, kips (kN)	D1.4b
L	Panjang kolom, in. (mm)	E3.4c
L	Panjang bentang rangka batang, in. (mm)	E4.5b
L	Panjang breis, in. (mm)	F1.5b
L	Jarak antara sumbu pusat ke pusat EPV, in. (mm)	F5.4a
L_b	Panjang antara titik-titik yang terbreis melawan perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis melawan puntir penampang, in. (mm)	D1.2a
L_{cf}	Panjang bersih balok, in. (mm)	E1.6b
L_{cf}	Jarak bersih antara sayap kolom, in. (mm)	F5.5b
L_e	Panjang balok kopel yang tertanam, in. (mm)	H4.5b
L_h	Jarak antara lokasi sendi plastis, seperti didefinisikan dalam laporan uji atau ANSI/AISC 358, in. (mm)	E2.6d
L_s	Panjang dari segmen khusus, in. (mm)	E4.5b
M_a	Kekuatan lentur yang diperlukan, menggunakan kombinasi beban Desain Kekuatan Ijin (DKI), kip-in. (N-mm)	D1.2c
M_{av}	Momen tambahan akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis ke sumbu kolom berdasarkan kombinasi beban Desain	E3.4a

	Kekuatan Ijin (DKI), kip-in. (N-mm)	
M_{nc}	Kekuatan lentur nominal komponen struktur <i>chord</i> segmen khusus, kip-in (N-mm) <i>Chord</i> = garis lurus yang menghubungkan dua titik dalam lingkaran atau bagian lingkaran	E4.5b
$M_{n,PR}$	Kekuatan lentur nominal sambungan Tertahan Sebagian (TS) pada rotasi 0,02 rad, kip-in (N-mm)	E1.6c
M_p	Kekuatan lentur plastis nominal, kip-in. (N-mm)	E1.6b
M_{pc}	Kekuatan lentur plastis nominal kolom, kip-in. (N-mm)	D2.5c
M_{pcc}	Kekuatan lentur nominal kolom komposit, kip-in. (N-mm)	G2.6f
$M_{p,exp}$	Kekuatan lentur ekspektasi, kip-in. (N-mm)	D1.2c
M_r	Kekuatan lentur perlu, kip-in. (N-mm)	D1.2a
M_u	Kekuatan lentur perlu, menggunakan kombinasi beban DFBK, kip-in. (N-mm)	D1.2c
M_{uv}	Momen tambahan akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis ke sumbu kolom berdasarkan kombinasi beban Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK), kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_{uv}	Momen akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis ke sumbu kolom, kip-in. (N-mm)	G3.4a
M_{pb}^*	Momen pada perpotongan sumbu balok dan kolom ditentukan melalui proyeksi momen-momen balok maksimum yang disalurkan dari muka kolom, kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_{pc}^*	Momen pada sumbu balok dan kolom ditentukan melalui proyeksi jumlah dari kekuatan momen plastis kolom nominal, direduksi oleh tegangan aksial P_{uc}/A_g , dari bagian atas dan bawah dari sambungan momen balok kip-in. (N-mm)	E3.4a
M_{pcc}^*	Momen dalam kolom diatas atau dibawah joint pada perpotongan dari sumbu balok dan kolom, kip-in. (N-mm)	G3.4a
$M_{p,exp}^*$	Momen dalam balok baja atau balok komposit terbungkus beton pada perpotongan sumbu balok dan kolom, kip-in. (N-mm)	G3.4a
N_r	Jumlah atau baris horizontal antara lubang	F5.7a
P_a	Kekuatan aksial perlu kolom menggunakan kombinasi beban Desain Kekuatan Ijin (DKI), kips (N)	Tabel D1.1
P_{ac}	Kekuatan tekan perlu menggunakan kombinasi beban Desain Kekuatan Ijin (DKI), kips (N)	E3.4a
P_b	Kekuatan desain aksial dinding pada kondisi seimbang, kips (N)	H5.4
P_c	Kekuatan aksial tersedia kolom, kips (N)	E3.4a
P_n	Kekuatan aksial nominal kolom, kips (N)	E4.5a
P_n	Kekuatan tekan nominal kolom komposit yang dihitung menurut <i>Spesifikasi</i> , kips (N)	D1.4b
P_{nc}	Kekuatan tekan nominal komponen struktur chord pada ujung-ujung, kips (N)	E4.4c
P_{nt}	Kekuatan tarik aksial nominal komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)	E4.5b
P_r	Kekuatan tekan perlu, kips (N)	E4.4d
P_{rc}	Kekuatan tekan perlu kolom menggunakan kombinasi beban Desain Kekuatan Ijin (DKI) atau kombinasi beban Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK), kips (N)	E3.4a

P_u	Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK), kips (N)	Tabel D1.1
P_{uc}	Kekuatan tekan perlu menggunakan kombinasi beban Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK), kips (N)	E3.4a
P_y	Kekuatan leleh aksial nominal komponen struktur, sama dengan $F_y A_g$, kips (N)	Tabel D1.1
P_{ysc}	Kekuatan leleh aksial inti baja, kips (N)	F4.2a
R	Koefisien modifikasi respon seismik	A1
R	Radius pemotongan, in. (mm)	F5.7b
R_n	Kekuatan nominal, kips (N)	A3.2
R_t	Rasio kekuatan tarik ekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum yang disyaratkan F_u , terkait dengan kekuatan-lebih dalam tegangan leleh material, R_y	A3.2
R_y	Rasio dari tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y	A3.2
R_{yb}	Rasio tegangan leleh ekspektasi material balok terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan	E3.6f
R_{yc}	Rasio tegangan leleh ekspektasi material kolom terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan	E3.6f
S_{diag}	Jarak terdekat pusat-ke-pusat antara lubang-lubang, in. (mm)	F5.7a
V_a	Kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)	E1.6b
V_c	V_y (DFBK) atau $V_y/1,5$ (DKI) yang sesuai, kips (N)	F3.5b
V_{comp}	Kekuatan geser batas ekspektasi sebuah balok kopel komposit terbungkus beton, kips (N)	H4.5b
V_n	Kekuatan geser nominal elemen perangkai, kips (N)	F3.3
V_n	Kekuatan geser ekspektasi balok kopel baja, kips (N)	H4.5b
$V_{n,comp}$	Kekuatan geser ekspektasi balok kopel komposit terbungkus beton	H4.5b
V_{ne}	Kekuatan geser vertikal ekspektasi segmen khusus, kips (N)	E4.5b
V_{ns}	Kekuatan geser nominal pelat baja pada dinding geser pelat komposit, kips (N)	H6.5c
V_r	V_u (DFBK) atau V_a (DKI) yang sesuai, kips (N)	F3.5b
V_p	Kekuatan geser nominal elemen perangkai aktif, kips (N)	F3.4a
V_u	Kekuatan geser perlu menggunakan beban kombinasi DFBK, kips (N)	E1.6b
V_y	Kekuatan leleh geser nominal, kips (N)	F3.5b
Y_{con}	Jarak dari balok baja paling atas ke pelat beton paling atas atau ke sisi luar selongsong beton	G3.5a
Y_{PNA}	Jarak maksimum serat tekan beton ke sumbu netral plastis, terbesar, in. (mm)	G3.5a
Z	Modulus penampang plastis komponen struktur, in. ³ (mm ³)	D1.2a
Z_b	Modulus penampang plastis balok, in. ³ (mm ³)	E3.4a
Z_c	Modulus penampang plastis kolom, in. ³ (mm ³)	E3.4a
Z_x	Modulus penampang plastis di sumbu x , in. ³ (mm ³)	E2.6g

Z_{RBS}	Modulus minimum penampang plastis pada penampang balok tereduksi, in. ³ (mm ³)	E3.4a
a	Jarak antara penyambung, in. (mm)	F2.5b
b	Lebar elemen tekan seperti didefinisikan dalam <i>Spesifikasi</i> Pasal B4.1, in. (mm)	Tabel D1.1
b	Lebar bagian dalam penampang kotak, in. (mm)	F3.5b
b_{bf}	Lebar sayap balok, in. (mm)	E3.6f
b_{cf}	Lebar sayap kolom, in. (mm)	E3.6f
b_f	Lebar sayap, in. (mm)	D2.5b
b_w	Ketebalan dinding tiang jempatan, in. (mm)	H4.5b
b_w	Lebar dinding, in. (mm)	H5.5c
b_{wc}	Lebar selongsong beton, in. (mm)	H4.5b
d	Tinggi balok keseluruhan, in. (mm)	Tabel D1.1
d	Diameter baut nominal, in. (mm)	D2.2
d	Tinggi elemen perangkat keseluruhan	F3.5b
d_c	Tebal efektif selongsong beton, in. (mm)	H4.5b
d_z	Balok tinggi $d-2t_f$ pada sambungan, in. (mm)	E3.6e
e	Panjang elemen perangkat RTE/EBF, in. (mm)	F3.5b
f'_c	Kekuatan tekan beton yang disyaratkan, ksi (MPa)	D1.4b
g	Bentang bersih balok kopel, in. (mm)	H4.5b
h	Jarak bersih antara sayap profil dikurangi ukuran las sudut atau radius sudut profil gilas; dan untuk penampang tersusun, jarak antara alat penyambung yang bersebelahan atau jarak bersih antara sayap-sayap bila las digunakan; untuk penampang bentuk T, gunakan tinggi total profil; dan untuk PSB persegi, jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pada masing-masing sisi, in. (mm)	Tabel D1.1
h	Jarak antara sumbu pusat ke pusat elemen pembatas horizontal, in. (mm)	F5.4a
h	Tinggi keseluruhan komponen struktur pembatas pada bidang dinding, in. (mm)	H5.5b
h_{cc}	Dimensi penampang melintang daerah inti terkekang pada kolom komposit yang diukur pusat-ke-pusat dari tulangan transversal, in. (mm)	D1.4b
h_o	Jarak antara titik berat sayap, in. (mm)	D1.2c
r	Radius girasi yang menentukan, in. (mm)	E3.4c
r_i	Radius girasi minimum dari komponen individual, in. (mm)	F2.5b
r_y	radius girasi sumbu y , in. (mm)	D1.2a
r_y	radius girasi komponen individual di sumbu lemah, in. (mm)	E4.5d
s	Spasi dari tulangan transversal, in. (mm)	D1.4b
t	Tebal elemen, in. (mm)	Tabel D1.1
t	Tebal badan kolom atau tebal pelat pengganda, in. (mm)	E3.6e
t_{bf}	Tebal sayap balok, in. (mm)	E3.4c
t_{cf}	Tebal sayap kolom minimum yang diperlukan bila tanpa pelat menerus disediakan, in. (mm)	E3.6f
t_{eff}	Tebal pelat-badan efektif, in. (mm)	F5.7a

t_f	Tebal sayap, in. (mm)	D2.5b
t_w	Tebal badan, in. (mm)	F3.5b
t_w	Tebal pelat badan, in. (mm)	F5.7a
w_z	Lebar zona panel antara sayap kolom, in. (mm)	E3.6e
Δ	Simpangan tingkat desain, in. (mm)	F3.4a
Δ_b	Besar deformasi yang digunakan untuk mengontrol pembebanan spesimen uji (rotasi total ujung breis untuk spesimen uji subassemblage; deformasi aksial breis total untuk spesimen uji breis), in. (mm)	K3.4c
Δ_{bm}	Nilai besarnya deformasi, Δ_b , berkaitan dengan simpangan tingkat desain	K3.4c
Δ_{by}	Nilai besarnya deformasi, Δ_b , pada leleh signifikan pertama dari spesimen uji, in. (mm)	K3.4c
Ω	Faktor keamanan	B3.2
Ω_c	Faktor keamanan untuk tekan	Tabel D1.1
Ω_o	Sistem faktor kekuatan-lebih	B2
Ω_v	Faktor keamanan untuk kekuatan geser zona panel sambungan balok-ke-kolom	E3.6e
α	Sudut antara komponen struktur diagonal terhadap garis horizontal, derajat	E4.5b
α	Sudut pelelehan badan, diukur relatif terhadap garis vertikal, derajat	F5.5b
α	Sudut pusat-ke-pusat terpendek pada deretan bukaan terhadap garis vertikal, derajat	F5.7a
β	Faktor penyesuaian kekuatan tekan	F4.2a
β_1	Faktor sehubungan dengan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen terhadap tinggi garis netral, seperti didefinisikan dalam ACI 318	H4.5b
γ_{total}	Sudut rotasi total elemen perangkai	K2.4c
θ	Sudut simpangan tingkat, radian	K2.4b
$\lambda_{hd}, \lambda_{md}$	Parameter kelangsingan pembatas untuk elemen tekan daktail tinggi dan sedang	D1.1b
ϕ	Faktor ketahanan	B3.2
ϕ_c	Faktor ketahanan untuk tekan	Tabel D1.1
ϕ_v	Faktor ketahanan untuk geser	E3.6e
ω	Faktor penyesuaian pengerasan regangan	F4.2a

Daftar Istilah

Istilah yang tercantum di bawah ini digunakan sebagai tambahan dari yang ada di dalam SNI Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Untuk kemudahan, beberapa istilah yang umum dipakai kembali dicantumkan di sini. Istilah dalam seluruh Standar ini ditulis miring pada saat pertama kali muncul dalam satu Pasal.

Catatan :

- (1) Istilah yang ditandai dengan tanda [†] adalah istilah-istilah umum AISI dan AISC yang telah dikoordinasikan antara kedua lembaga.
- (2) Istilah yang ditandai dengan tanda * dikualifikasikan dengan tipe *efek beban*; misalnya, kekuatan tarik nominal, kekuatan tekan tersedia, dan kekuatan lentur desain.

Adjusted brace strength / *Kekuatan breis yang disesuaikan*. Kekuatan suatu breis dalam suatu *rangka terbreis tahan tekuk* pada deformasi yang sesuai dengan 2,0 kali *simpangan tingkat desain*.

Allowable strength^{*†} / *Kekuatan ijin*^{*†}. Kekuatan nominal dibagi dengan *faktor keamanan*, R_n/Ω .

Amplified seismic load / *Beban seismik teramplifikasi*. Efek beban seismik yang sudah mengandung *faktor kekuatan lebih*.

Applicable building code[†] / *Peraturan bangunan yang berlaku*[†]. Peraturan bangunan yang digunakan untuk mendesain gedung.

ASD (allowable strength design)[†] / *DKI (Desain Kekuatan Ijin)*[†]. Metode yang memproporsikan komponen struktural sedemikian rupa sehingga *kekuatan ijin* sama dengan atau melebihi *kekuatan perlu* dari komponen akibat aksi kombinasi beban DKI.

ASD load combination[†] / *Kombinasi beban DKI*[†]. Kombinasi beban dalam *peraturan bangunan yang berlaku* untuk *desain kekuatan ijin* (desain tegangan ijin).

Authority having jurisdiction (AHJ) / *Pihak yang berwenang (PYB)*. Organisasi, subdivisi politis, kantor atau individu yang dibebani tanggung jawab melaksanakan dan menegakkan ketentuan Standar ini.

Available strength^{*†} / *Kekuatan tersedia*^{*†}. Kekuatan desain atau kekuatan ijin, yang sesuai.

Boundary member / *Komponen struktur pembatas*. Bagian di sepanjang dinding atau tepi diafragma yang diperkuat dengan profil baja struktur dan/atau tulangan memanjang dan tulangan melintang.

Brace test specimen / *Spesimen uji breis*. Suatu elemen breis tahan-tekuk tunggal yang digunakan dalam uji laboratorium sebagai model breis dalam *prototipe*.

Braced frame[†] / *Rangka terbreis*[†]. Sistem rangka batang vertikal yang secara esensial memberikan ketahanan terhadap gaya lateral dan memberikan stabilitas untuk sistem struktur.

Buckling-restrained brace / Breis tahan-tebuk. Suatu elemen breis pra-fabrikasi, atau dibuat di pabrik, terdiri dari inti baja dan sistem penahan-tebuk seperti dijelaskan dalam Pasal F4 dan dinyatakan memenuhi syarat lewat pengujian yang disyaratkan Pasal F3.

Buckling-restrained braced frame (BRBF) / Rangka terbreis tahan-tebuk (RTTT). Suatu rangka terbreis diagonal mempekerjakan breis tahan-tebuk dan memenuhi persyaratan Pasal F4.

Buckling-restraining system / Sistem penahan-tebuk. Sistem penahan yang membatasi tekuk inti baja pada RTTT. Sistem ini termasuk pembungkus sekeliling inti baja dan elemen-elemen struktural yang membentuk sambungan-sambungannya. Sistem penahan-tebuk dimaksudkan untuk memperkenankan ekspansi melintang dan kontraksi memanjang dari inti baja untuk deformasi sesuai dengan 2,0 kali simpangan antar tingkat desain.

Casing. Elemen yang menahan gaya-gaya yang tegak lurus sumbu breis diagonal yang dengan demikian menahan tekuk dari inti. *Casing* memerlukan suatu sarana untuk menyampaikan gaya ini kepada sistem penahan-tebuk lainnya. *Casing* menahan hanya sedikit atau bahkan tidak sama sekali gaya sepanjang sumbu breis diagonal.

Collector / Kolektor. Juga dikenal sebagai *drag strut*; komponen struktur yang bekerja untuk menyalurkan beban antara diafragma lantai dan komponen struktur sistem penahan gaya seismik.

Column base / Dasar kolom. Rakitan dari profil struktural, pelat, konektor, baut dan batang pada dasar suatu kolom yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya antara struktur atas baja dan fondasi.

Complete loading cycle / Siklus pembebanan komplit. Suatu siklus rotasi yang diambil dari suatu gaya sama dengan nol sampai kembali gaya sama dengan nol, termasuk satu positif dan satu negatif puncak.

Composite beam / Balok komposit. Balok baja struktural yang bersentuhan langsung dan bekerja secara komposit dengan pelat beton bertulang didesain bekerja secara komposit untuk gaya-gaya seismik.

Composite brace / Breis komposit. Profil baja struktural (gilas atau tersusun) terbungkus-beton, atau profil baja terisi-beton digunakan sebagai sebuah breis diagonal.

Composite column / Kolom komposit. Profil baja struktural (gilas atau tersusun) terbungkus-beton, atau profil baja terisi-beton digunakan sebagai sebuah kolom.

Composite eccentrically braced frame (C-EBF) / Rangka terbreis eksentris komposit (RTE-K). Rangka terbreis komposit memenuhi persyaratan Pasal H3.

Composite intermediate moment frame (C-IMF) / Rangka momen menengah komposit (RMM-K). Rangka momen komposit memenuhi persyaratan Pasal G2.

Composite ordinary braced frame (C-OBF) / Rangka terbreis biasa komposit (RTB-K). Rangka terbreis komposit memenuhi persyaratan Pasal H1.

Composite ordinary moment frame (C-OMF) / Rangka momen biasa komposit (RMB-K). Rangka momen komposit memenuhi persyaratan Pasal G1.

Composite ordinary shear wall (C-OSW) / Dinding geser biasa komposit (DGB-K). Dinding geser komposit memenuhi persyaratan Pasal H4.

Composite partially restrained moment frame (C-PRMF) / Rangka momen terkekang sebagian komposit (RMTS-K). Rangka momen komposit memenuhi persyaratan Pasal G4.

Composite plate shear wall (C-PSW) / Dinding geser pelat komposit (DGP-K). Dinding yang terdiri dari pelat baja terbungkus dengan beton bertulang pada salah satu atau kedua sisinya yang memberikan pengaku keluar bidang untuk mencegah terjadinya tekuk pada pelat baja dan memenuhi persyaratan Pasal H6.

Composite shear wall / Dinding geser komposit. Panel dinding pelat baja komposit dengan panel dinding beton bertulang atau dinding beton bertulang yang mempunyai profil baja atau profil baja struktural terbungkus-beton sebagai komponen-komponen struktur pembatas.

Composite slab / Slab komposit. Slab beton bertulang yang bertumpu pada dan menyatu dengan dek baja lekuk yang berlaku sebagai diafragma untuk menyalurkan beban ke dan antara elemen-elemen sistem penahan gaya seismik.

Composite special concentrically braced frame (C-SCBF) / Rangka terbreis konsentris khusus komposit (RTKK-K). Rangka terbreis komposit memenuhi persyaratan Pasal H2.

Composite special moment frame (C-SMF) / Rangka momen khusus komposit (RMK-K). Rangka momen komposit memenuhi persyaratan Pasal G3.

Composite special shear wall (C-SSW) / Dinding geser khusus komposit (GDK-K). Dinding geser komposit memenuhi persyaratan Pasal H5.

Concrete-encased shapes / Bentuk terbungkus-beton. Profil-profil baja struktural terbungkus dalam beton.

Continuity plates / Pelat penerus. Pengaku kolom pada bagian atas dan bawah zona panel; dikenal juga sebagai pengaku melintang.

Coupling beam / Balok kopel. Baja struktural atau balok komposit yang menghubungkan elemen-elemen dinding beton bertulang yang berdekatan sehingga mereka dapat bekerja sama untuk menahan beban lateral.

Demand critical weld / Las kritis perlu. Las sebagaimana ditunjukkan dalam Standar ini.

Design earthquake / Gempa desain. Gempa yang diwakili dengan respons spektra desain seperti disyaratkan dalam peraturan bangunan yang berlaku.

Design story drift / Simpangan antar tingkat desain. Simpangan antar tingkat yang dihitung, termasuk efek aksi inelastis terduga, akibat gaya-gaya gempa level desain seperti yang ditentukan dalam peraturan bangunan yang berlaku.

Design strength[†] / Kekuatan desain*[†].* Faktor ketahanan dikalikan dengan kekuatan nominal, ϕR_n .

Diagonal brace / Breis diagonal. Komponen struktur miring yang terutama menerima gaya axial pada suatu rangka terbreis.

Eccentrically braced frame (EBF) / Rangka terbreis eksentris (RTE). Rangka dengan breis diagonal memenuhi persyaratan Pasal F3 memiliki paling tidak salah satu ujung dari breis diagonal tersambung pada sebuah balok dengan suatu eksentrisitas terdefinisi dari sambungan balok-ke-breis atau sambungan balok-ke-kolom yang lain.

Encased composite beam / Balok komposit terbungkus. Balok komposit yang seluruhnya tertutup oleh beton bertulang.

Encased composite column / Kolom komposit terbungkus. Kolom baja struktur yang seluruhnya tertutup oleh beton bertulang.

Engineer of record / Insinyur profesional bersertifikat. Profesional yang bertanggung jawab untuk mengesahkan dokumen-dokumen kontrak.

Exempted column / Kolom yang dikecualikan. Kolom yang tidak memenuhi persyaratan Persamaan E3-1 untuk RMK.

Expected tensile strength / Kekuatan tarik yang diharapkan*.* Kekuatan tarik sebuah komponen struktur, sama dengan kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, F_u , dikalikan dengan R_t .

Expected yield strength / Kekuatan leleh yang diharapkan*.* Kekuatan leleh tarik sebuah komponen struktur, sama dengan tegangan leleh yang diharapkan dikalikan dengan A_g .

Expected yield stress / Tegangan leleh yang diharapkan. Tegangan leleh material, sama dengan tegangan leleh yang disyaratkan, F_y , dikalikan dengan R_y .

Face bearing plate / Pelat penahan muka. Pengaku yang menempel pada balok baja struktural yang tertanam dalam dinding atau kolom beton bertulang. Pelat ditempatkan pada bagian muka dari beton bertulang untuk memberikan kekangan dan untuk menyalurkan beban ke beton lewat tumpuan langsung.

Filled composite column / Kolom komposit terisi. PSB terisi dengan beton struktural.

Fully composite beam / Balok komposit penuh. Balok komposit yang memiliki jumlah angkur *steel headed stud* yang cukup untuk mengembangkan kekuatan lentur plastis nominal dari profil komposit.

Highly ductile member / Komponen struktur daktail tinggi. Suatu komponen struktur yang diharapkan mengalami rotasi plastis yang cukup besar (lebih dari 0,02 rad) dari lentur atau tekuk lentur akibat gempa desain.

Horizontal boundary element (HBE) / Elemen pembatas horizontal (EPH). Suatu balok dengan sambungan ke satu atau lebih pelat badan dalam suatu DGPK.

Intermediate boundary element (IBE) / Elemen pembatas menengah (EPM). Suatu komponen struktur, selain balok atau kolom, memberikan perlawanan terhadap tarik pelat badan di dekat suatu bukaan dalam suatu DGPK.

Intermediate moment frame (IMF) / Rangka momen menengah (RMM). Sistem rangka momen yang memenuhi persyaratan Pasal E2.

Inverted-V-braced frame / Rangka terbreis-V-terbalik. Lihat *rangka terbreis-V*.

k-area / Daerah-k. Bagian dari badan yang diperluas dari titik singgung badan dan lengkungan pengisi antara sayap dan badan (AISC dimensi k) sebesar 1 ½ in. (38 mm) ke dalam badan di luar dimensi k .

K-braced frame / Rangka terbreis-K. Suatu konfigurasi rangka-terbreis dimana breis tersambung ke suatu kolom pada suatu lokasi yang tidak memiliki tumpuan ke luar bidang.

Link / Elemen perangkai. Pada RTE, suatu segmen balok yang berada di antara ujung-ujung sambungan dari dua breis diagonal atau di antara ujung suatu breis diagonal dengan suatu kolom. Panjang *elemen perangkai* didefinisikan sebagai jarak bersih di antara ujung-ujung dua breis diagonal atau di antara breis diagonal dengan permukaan kolom.

Link intermediate web stiffeners / Pengaku tengah badan elemen perangkai. Pengaku badan vertikal yang ditempatkan di daerah elemen perangkai pada RTE.

Link rotation angle / Sudut rotasi elemen perangkai. Sudut inelastis di antara elemen perangkai dengan balok di luar *elemen perangkai* pada saat simpangan antar tingkat total sama dengan *simpangan antar tingkat desain*.

Link rotation angle, total / Sudut rotasi elemen perangkai, total. Perpindahan relatif dari salah satu ujung elemen perangkai terhadap ujung lainnya (diukur tegak lurus terhadap sumbu memanjang elemen perangkai yang tidak berdeformasi), dibagi dengan panjang elemen perangkai. Sudut rotasi elemen perangkai total termasuk baik komponen elastis maupun inelastis deformasi elemen perangkai dan komponen-komponen struktur yang menempel pada ujung-ujung elemen perangkai.

Link design shear strength / Kekuatan geser desain elemen perangkai. Yang terkecil dari kekuatan geser elemen perangkai yang tersedia berdasarkan kekuatan lentur atau geser dari komponen elemen perangkai.

Load-carrying reinforcement / Penulangan penerima beban. Penulangan pada komponen-komponen struktur komposit yang didesain dan didetail untuk menahan beban yang disyaratkan.

Lowest anticipated service temperature (LAST) / Temperatur layan terantisipasi terendah (TLTT). Temperatur rata-rata 1 jam terendah dengan nilai tengah interval waktu ulang 100 tahun.

LRFD (load and resistance factor design)[†] / DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)[†]. Metode yang memproporsikan komponen struktural sedemikian sehingga *kekuatan desain* sama atau melebihi *kekuatan perlu* komponen akibat aksi *kombinasi beban DFBK*.

LRFD load combination[†] / Kombinasi beban DFBK[†]. Kombinasi beban pada *peraturan bangunan gedung yang berlaku* dimaksudkan untuk desain kekuatan (*desain faktor beban dan ketahanan*).

Material test plate / Pelat uji material. Suatu spesimen uji dari mana sampel baja atau sampel logam las diambil dengan mesin untuk pengujian lanjutan untuk menentukan properti mekanis.

Member brace / Breis komponen struktur. Komponen struktur yang memberikan kekakuan dan kekuatan untuk mengendalikan gerakan komponen struktur lain keluar bidang rangka pada titik-titik terbreis.

Moderately ductile member / Komponen struktur daktil sedang. Suatu komponen struktur yang diharapkan mengalami rotasi plastis sedang (0,02 rad atau lebih kecil) dari lentur atau tekuk lentur akibat *gempa desain*.

Nominal strength^{†} / Kekuatan nominal^{*†}*. Kekuatan suatu struktur atau komponen (tanpa penerapan *faktor ketahanan* atau *faktor keamanan*) untuk menahan efek beban, seperti ditentukan menurut *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*.

Ordinary cantilever column system (OCCS) / Sistem kolom kantilever biasa (SKKB). Suatu sistem penahan gaya seismik dimana gaya-gaya seismik ditahan oleh satu atau lebih kolom yang menyerupai kantilever dari fondasi atau dari level diafragma di bawah dan memenuhi persyaratan Pasal E5.

Ordinary concentrically braced frame (OCBF) / Rangka terbreis konsentris biasa (RTKB). Rangka dengan breis diagonal memenuhi persyaratan Pasal F1 dimana seluruh komponen struktur dari sistem rangka-terbreis terutama menahan gaya-gaya aksial.

Ordinary moment frame (OMF) / Rangka momen biasa (RMB). Sistem rangka momen memenuhi persyaratan Pasal E1.

Partially composite beam / Balok komposit sebagian. Balok baja dengan slab komposit dengan kekuatan nominal lentur dikendalikan oleh kekuatan angkur *steel headed stud*.

Partially restrained composite connection / Sambungan komposit terkekang sebagian. Sambungan terkekang sebagian sebagaimana didefinisikan dalam *Spesifikasi* yang menyambung balok-balok komposit sebagian atau *balok-balok komposit penuh* ke kolom baja dengan ketahanan lentur diberikan oleh suatu gaya kopel yang didapat dengan penulangan pelat lantai dan siku baja atau sambungan sejenis pada bagian bawah sayap profil.

Plastic hinge / Sendi plastis. Zona leleh yang terbentuk dalam suatu komponen struktur pada saat momen plastis tercapai. Komponen struktur diasumsikan berputar terus menyerupai sendi, kecuali bahwa putaran tersebut tertahan oleh momen plastis.

Prequalified connection / Sambungan prakualifikasi. Sambungan yang memenuhi persyaratan Pasal K1 atau ANSI/AISC 358.

Protected zone / Zona terlindung. Daerah komponen struktur atau sambungan komponen struktur dimana batasan-batasan diberlakukan untuk fabrikasi dan tempelan-tempelan.

Prototype / Prototipe. Sambungan atau breis diagonal yang digunakan pada bangunan (RMK, RMM, RTE, RTTT, RMM-K, RMK-K dan RMTS-K).

Standar. Dokumen ini, SNI 7860:2015.

Quality assurance plan / Rencana penjaminan mutu (RPM). Program dimana suatu badan atau perusahaan yang bertanggung jawab atas *penjaminan mutu* menjaga prosedur detail pemantauan dan pengawasan untuk memastikan kesesuaian pekerjaan dengan *dokumen konstruksi* dan standar acuan yang telah disetujui.

Reduced beam section / Profil balok berkurang. Pengurangan pada penampang melintang terhadap suatu panjang tertentu yang menimbulkan zona inelastisitas pada komponen struktur.

Required strength / Kekuatan perlu*.* Gaya-gaya, tegangan-tegangan, dan deformasi-deformasi yang bekerja pada komponen struktur, ditentukan baik oleh analisis struktur, untuk *kombinasi beban DFBK* atau *DKI*, yang sesuai, ataupun seperti yang disyaratkan oleh *Spesifikasi* dan Standar ini.

Resistance factor ϕ^+ / Faktor ketahanan ϕ^+ . Faktor yang memperhitungkan deviasi *kekuatan nominal* yang tidak dapat dihindari terhadap kekuatan aktual dan demi cara serta konsekuensi kegagalan.

Response modification coefficient, R / Koefisien modifikasi respon, R . Faktor yang mengurangi efek beban seismik sampai pada tingkat kekuatan yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku.

Risk category / Kategori risiko. Klasifikasi yang diberikan pada struktur berdasarkan kegunaannya seperti yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku.

Safety factor, Ω^{\dagger} / Faktor keamanan Ω^{\dagger} . Faktor yang memperhitungkan deviasi kekuatan aktual terhadap kekuatan nominal, deviasi beban aktual terhadap beban nominal, ketidakpastian dalam analisis yang mengubah beban menjadi efek beban, dan demi cara dan konsekuensi kegagalan.

Seismic design category / Kategori desain seismik. Klasifikasi yang diberikan pada suatu bangunan oleh peraturan bangunan yang berlaku berdasarkan kategori risiko dan koefisien akselerasi respon spektra desain.

Seismic force resisting system (SFRS) / Sistem penahan gaya seismik (SPGS). Bagian dari sistem struktur yang dipertimbangkan dalam desain untuk memberikan ketahanan terhadap gaya seismik yang disyaratkan dalam AISC/SEI 7.

Special cantilever column system (SCCS) / Sistem kolom kantilever khusus (SKKK). Suatu sistem penahan gaya seismik dimana gaya seismik ditahan oleh satu atau lebih kolom yang menyerupai kantilever atau dari level diafragma di bawah dan memenuhi persyaratan Pasal E6.

Special concentrically braced frame (SCBF) / Rangka terbreis konsentris khusus (RTKK). Rangka dengan terbreis diagonal yang memenuhi persyaratan Pasal F2 dimana seluruh komponen struktur dari sistem rangka-terbreis terutama menahan gaya-gaya aksial.

Special moment frame (SMF) / Rangka momen khusus (RMK). Sistem rangka momen yang memenuhi persyaratan Pasal E3.

Special plate shear wall (SPSW) / Dinding geser pelat khusus (DGPK). Sistem dinding geser pelat yang memenuhi persyaratan Pasal F5.

Special truss moment frame (STMF) / Rangka momen rangka batang khusus (RMRBK). Sistem rangka momen rangka batang yang memenuhi persyaratan Pasal E4.

Specification / Spesifikasi. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (ANSI/AISC 360).

Steel core / Inti baja. Elemen penahan gaya aksial dari suatu breis tahan tekuk. Inti baja mengandung suatu segmen leleh dan sambungan-sambungan untuk menyalurkan gaya aksialnya ke elemen-elemen yang berdekatan; kemungkinan juga mengandung proyeksi di luar casing dan segmen-segmen transisi di antara proyeksi-proyeksi dan segmen leleh.

Story drift angle / Sudut simpangan antar tingkat. Perpindahan antar tingkat dibagi tinggi tingkat.

Subassembly test specimen / Spesimen uji rakitan. Kombinasi dari komponen struktur, sambungan, dan peralatan uji yang meniru sedekat mungkin secara praktis kondisi pembatas, pembebanan dan deformasi dalam prototipe.

System overstrength factor Ω_0 / Faktor kekuatan lebih sistem, Ω_0 . Faktor yang disyaratkan oleh peraturan bangunan yang berlaku untuk menentukan beban seismik teramplifikasi, yang disyaratkan oleh Standar ini.

Test setup / Set up uji. Perlengkapan-perengkapan tumpuan, peralatan pembebanan dan breising lateral digunakan untuk menumpu dan membebani Spesimen Uji.

Test specimen / Spesimen uji. Suatu komponen struktur, sambungan atau rakitan spesimen uji.

Test subassemblage / Rakitan uji. Kombinasi dari spesimen uji dan bagian-bagian yang berhubungan dengan set up uji.

V-braced frame / Rangka terbreis-V. Rangka terbreis konsentris (RTKK, RTKB, RTTT, RTB-K atau RTKK-K) di mana sepasang breis diagonal terletak di atas atau di bawah balok yang disambung ke satu titik tunggal dalam bentang bersih balok. Bila breis diagonal berada di bawah balok, sistem dikenal juga sebagai *rangka terbreis-V terbalik*.

Vertical boundary element (VBE) / Elemen pembatas vertikal (EPV). Suatu kolom dengan sambungan ke satu atau lebih pelat badan pada suatu DGPK

X-braced frame / Rangka terbreis X. Rangka terbreis konsentris (RTKB, RTKK, RTB-K atau RTKK-K) dimana sepasang breis diagonal bersilangan di dekat pertengahan bentang breising diagonal.

Singkatan

Singkatan yang berikut terdapat pada AISC *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. Singkatan tersebut ditulis di mana mereka pertama kali terlihat dalam suatu pasal.

ACI (*American Concrete Institute*)
 ANSI (*American National Standard Institute*)
 ASCE (*American Society of Civil Engineers*)
 ASD (*allowable strength design*) / DKI (Desain Kekuatan Ijin)
 ASTM (*American Society for Testing of Materials*)
 AWS (*American Welding Society*)
 BRBF (*buckling-restrained braced frame*) / RTTT (Rangka Terbreis Tahan-Tekuk)
 CAC-A (*air carbon arc cutting*) / PBKU (Pemotongan Busur Karbon Udara)
 C-EBF (*composite eccentrically braced frame*) / RTE-K (Rangka Terbreis Eksentris Komposit)
 C-IMF (*composite intermediate moment frame*) / RMM-K (Rangka Momen Menengah Komposit)
 CJP (*complete joint penetration*) / PJP (Penetrasi Joint Lengkap)
 C-OFB (*composite ordinary braced frame*) / RTB-K (Rangka Terbreis Biasa Komposit)
 C-OMF (*composite ordinary moment frame*) / RMB-K (Rangka Momen Biasa Komposit)
 C-OSW (*composite ordinary shear wall*) / DGB-K (Dinding Geser Biasa Komposit)
 C-PRMF (*composite partially restrained moment frame*) / RMTS-K (Rangka Momen Tertahan Sebagian Komposit)
 CPRP (*connection prequalification review panel*) / PPST (Panel Pembahas Sambungan Teruji)
 C-PSW (*composite plate shear walls*) / DGP-K (Dinding Geser Pelat Komposit)
 C-SCBF (*composite special concentrically braced frame*) / RTKK-K (Rangka Terbreis Konsentris Khusus Komposit)
 C-SMF (*composite special moment frame*) / RMK-K (Rangka Momen Khusus Komposit)
 C-SSW (*composite special shear walls*) / DGK-K (Dinding Geser Khusus Komposit)
 CVN (takik Charpy V)
 EBF (*eccentrically braced frame*) / RTE (Rangka Terbreis Eksentris)
 FCAW (*flux cored arc welding*) / PBBF (Pengelasan Busur Berintikan Fluks)
 FEMA (Federal Emergency Management Agency)
 FR (*fully restrained*) / TP (Tertahan Penuh)
 GMAW (*gas metal arc welding*) / PBMG (Pengelasan Busur Metal Gas)
 HBE (*horizontal boundary element*) / EPH (Elemen Pembatas Horizontal)
 HSS (*hollow structural section*) / PSB (Profil Struktur Berongga)
 IBE (*intermediate boundary element*) / EPM (Elemen Pembatas Menengah)
 IMF (*intermediate moment frame*) / RMM (Rangka Momen Menengah)
 LAST (*lowest anticipated service temperature*) / TLTT (Temperatur Layan Terendah Terantisipasi)
 LRFD (*load and resistance factor design*) / DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan)
 MT (*magnetic particle testing*) / PPM (Pengujian Partikel Magnetik)
 NDT (*nondestructive testing*) / PND (Pengujian Non Destruktif)
 OCBF (*ordinary concentrically braced frame*) / RTKB (Rangka Terbreis Konsentris Biasa)
 OCCS (*ordinary cantilever column system*) / SKKB (Sistem Kolom Kantilever Biasa)
 OMF (*ordinary moment frame*) / RMB (Rangka Momen Biasa)
 OVS (*oversized*) / UB (Ukuran-Berlebih)
 PJP (*partial joint penetration*) / PJS (Penetrasi Joint Sebagian)
 PR (*partially restrained*) / TS (Tertahan Sebagian)
 QA (*quality assurance*) / JM (Penjaminan Kualitas)
 QC (*quality control*) / PM (Pengendalian Kualitas)

RBS (reduced beam section) / PBT (Profil Balok Tereduksi)
RCSC (Research Council on Structural Connections) / DPSS (Dewan Penelitian pada Sambungan Struktur)
SAW (submerged arc welding) / PBT (Pengelasan Busur Terendam)
SCBF (special concentrically braced frame) / RTKK (Rangka Terbreis Konsentris Khusus)
SCCS (special cantilever column system) / SKKK (Sistem Kolom Kantilever Khusus)
SDC (seismic design category) / KDS (Kategori Desain Seismik)
SEI (Structural Engineering Institute) / ITS (Institut Teknik Struktur)
SFRS (seismic force resisting system) / SPGS (Sistem Penahan Gaya Seismik)
SMAW (shielded metal arc welding) / PBMT (Pengelasan Busur Metal Terlindung)
SMF (special moment frame) / RMK (Rangka Momen Khusus)
SPSW (special plate shear wall) / DGPBK (Dinding Geser Pelat Baja Khusus)
SRC (steel-reinforced concrete) / BBB (Baja-Beton Bertulang)
STMF (special truss moment frame) / RMRBK (Rangka Momen Rangka Batang Khusus)
UT (ultrasonic testing) / PU (Pengujian Ultrasonik)
VBE (vertical boundary element) / EPV (Elemen Pembatas Vertikal)
WPQR (welder performance qualification records) / CKKTL (Catatan Kualifikasi Kinerja Tukang Las)
WPS (welding procedure specification) / SPP (Spesifikasi Prosedur Pengelasan)





BAB A PERSYARATAN UMUM

Bab ini menyatakan ruang lingkup Standar ini, meringkas spesifikasi yang diacu, peraturan dan dokumen standar, dan memberi persyaratan untuk material dan dokumen kontrak.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- A1. Ruang Lingkup
- A2. Spesifikasi, Peraturan dan Standar yang diacu
- A3. Material
- A4. Gambar Desain Struktural dan Spesifikasi

A1. RUANG LINGKUP

Ketentuan seismik untuk struktur bangunan gedung baja, selanjutnya disebut sebagai Standar ini, harus digunakan untuk mendesain, memfabrikasi, dan mengereksi komponen struktur dan sambungan baja struktural dalam Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS), splice dan dasar dari kolom pada sistem rangka gravitasi bangunan gedung dan struktur lainnya dengan rangka momen, rangka terbreis dan dinding geser. Struktur-struktur lainnya yang didefinisikan sebagai struktur ini dirancang, difabrikasi dan diereksi dalam suatu cara yang serupa dengan bangunan gedung, dengan elemen-elemen bangunan yang menahan gaya vertikal dan lateral. Standar ini harus menerapkan desain sistem penahan gaya seismik baja struktural atau baja struktural yang bekerja komposit dengan beton bertulang, kecuali secara khusus dikecualikan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Ketentuan ini harus mengacu pada peraturan bangunan gedung yang berlaku dan dalam hal tidak ada, beban, kombinasi beban, pembatasan sistem, dan persyaratan desain umum, maka beban harus diambil sesuai ASCE/SEI 7 .

Catatan: Tabel 12.2-1 ASCE/SEI 7, baris H secara khusus mengecualikan sistem baja struktural, tetapi tidak untuk sistem komposit, dari Standar ini dalam kategori desain seismik (KDS) B dan C jika mereka didesain menurut Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural dan beban seismik yang dihitung dengan menggunakan sebuah koefisien modifikasi respon, R , 3. Untuk kategori desain seismik A, ASCE/SEI 7 mensyaratkan gaya lateral digunakan sebagai beban dan efek seismik, tetapi perhitungan-perhitungan ini tidak melibatkan penggunaan koefisien modifikasi respon. Untuk kategori desain seismik A, tidak perlu membatasi sistem penahan gaya seismik yang memenuhi persyaratan khusus apapun dan Standar ini tidak diterapkan.

Catatan: Tabel 15.4-1 ASCE 7 mengizinkan struktur nonbangunan tertentu didesain menurut Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural sebagai pengganti dari Standar ini dengan faktor R tereduksi yang sesuai.

Catatan: Sistem penahan gaya seismik komposit mencakup sistem dengan komponen struktur dari baja struktural yang bekerja sebagai komposit dengan beton bertulang, serta sistem dimana komponen struktur baja struktural dan komponen struktur beton bertulang bekerja bersama-sama membentuk sistem penahan gaya seismik.

Standar ini harus diterapkan dalam hubungannya dengan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, selanjutnya disebut sebagai *Spesifikasi*. Semua persyaratan dari *Spesifikasi* harus diterapkan kecuali dinyatakan lain dalam Standar ini. Komponen struktur dan sambungan-sambungan dari SPGS harus memenuhi persyaratan peraturan bangunan gedung yang berlaku, *Spesifikasi*, dan Standar ini.

Persyaratan peraturan bangunan gedung untuk beton struktural (ACI 318), seperti dimodifikasi dalam Standar ini, harus digunakan untuk desain dan konstruksi dari komponen beton bertulang pada konstruksi komposit. Untuk SPGS pada konstruksi komposit yang digabungkan komponen beton bertulang harus dirancang menurut ACI 318, persyaratan *Spesifikasi* Pasal B3.3, Desain untuk Kekuatan Menggunakan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK).

A2. SPESIFIKASI, PERATURAN DAN STANDAR YANG DIACU

Dokumen yang diacu dalam Standar ini harus mencakup yang dijelaskan dalam *Spesifikasi* Pasal A2 dengan tambahan sebagai berikut:

American Institute of Steel Construction (AISC)

ANSI/AISC 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings*

ANSI/AISC 358-10 *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*

American Welding Society (AWS)

AWS D1.8/D1.8M:2009 *Structural Welding Code-Seismic Supplement*

AWS B4.0:2007 *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds* (U.S. Customary Units)

AWS B4.0M:2000 *Standard methods for mechanical testing of welds* (Metric Customary Units)

AWS D1.4/D1.4M:2005 *Structural Welding Code-Reinforcing Steel*

A3. MATERIAL

1. Spesifikasi Material

Baja struktural yang digunakan dalam *sistem penahan gaya seismik* (SPGS) harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal A3.1, kecuali dimodifikasi dalam Standar ini. Tegangan leleh baja minimum yang disyaratkan yang digunakan untuk komponen struktur yang berperilaku inelastik tidak boleh melampaui 50 ksi (345 MPa) untuk sistem yang ditentukan dalam Bab E, F, G dan H kecuali untuk sistem yang ditentukan dalam Pasal E1, F1, G1, H1 dan H4, batas ini tidak boleh melampaui 55 ksi (380 MPa). Salah satu dari batas tegangan leleh minimum yang disyaratkan, diizinkan dilampaui apabila material yang sesuai ditentukan oleh pengujian atau kriteria rasional lainnya.

Pengecualian: Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari baja struktural tidak boleh melampaui 65 ksi (450 MPa) untuk kolom dalam sistem yang dijelaskan pada Pasal E3, E4, G3, H1, H2 dan H3, dan untuk kolom-kolom dalam semua sistem pada Bab F.

Baja struktural yang digunakan dalam SPGS dijelaskan pada Bab E, F, G dan H harus memenuhi satu dari Spesifikasi ASTM berikut:

(1) A36/A36M

- (2) A53/A53M
- (3) A500/A500M (Gr. B atau C)
- (4) A501
- (5) A529/A529M
- (6) A572/A572M [Gr. 42 (290), 50 (345) atau 55 (380)]
- (7) A588/A588M
- (8) A913/A913M [Gr. 50 (345), 60 (415) atau 65 (450)]
- (9) A992/A992M
- (10) A1011/A1011 HSLAS Gr. 55 (380)
- (11) A1043/A1043M

Baja struktural yang digunakan untuk pelat dasar kolom harus memenuhi satu dari spesifikasi ASTM sebelumnya atau Mutu D ASTM A283/A283M.

Baja-baja lainnya dan material nonbaja pada *rangka terbreising tahan tekuk*, boleh digunakan sesuai persyaratan Pasal F4 dan K3.

Catatan: Pasal ini hanya mencakup properti material untuk baja struktural yang digunakan dalam SPGS dan termasuk dalam definisi baja struktural yang dijelaskan dalam Pasal 2.1 dari *AISC Code of Standard Practice*. Baja lainnya, seperti kawat untuk breising permanen, tidak dicakup. Tulangan baja yang digunakan pada komponen komposit dalam SPGS komposit tercakup dalam Pasal A3.5

2. Kekuatan Material Ekspektasi

Apabila disyaratkan dalam Standar ini, *kekuatan perlu* suatu elemen (suatu komponen struktur atau sambungan dari komponen struktur) harus ditentukan dari *tegangan leleh ekspektasi*, $R_y F_y$ dari komponen struktur atau komponen struktur yang berdekatan, sesuai yang berlaku, dimana F_y adalah tegangan leleh baja minimum yang disyaratkan yang digunakan pada komponen struktur dan R_y adalah rasio tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y , dari material.

Apabila disyaratkan untuk menentukan *kekuatan nominal*, R_n , untuk keadaan batas di komponen struktur yang sama dari kekuatan perlu yang ditentukan, tegangan leleh ekspektasi, $R_y F_y$, dan *kekuatan tarik ekspektasi*, $R_t F_u$, boleh digunakan sebagai pengganti F_y dan F_u , dimana F_u adalah kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dan R_t adalah rasio kekuatan tarik ekspektasi terhadap kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, F_u dari material.

Catatan: Dalam beberapa kasus komponen struktur, atau keadaan batas sambungan dalam komponen struktur, perlu dirancang untuk gaya-gaya yang sesuai dengan kekuatan ekspektasi dari komponen struktur itu sendiri. Kasus-kasus demikian mencakup penentuan kekuatan

nominal, R_n , dari balok di luar *elemen perangkat* dalam Rangka Terbreising Eksentris (RTE), keadaan batas runtuh *breising diagonal* (keruntuhan blok geser dan keruntuhan penampang bersih pada breising diagonal dalam Rangka Terbreising Konsentris Khusus (RTKK), dan seterusnya. Dalam kasus seperti itu diperkenankan untuk menggunakan kekuatan material yang ideal (yang diharapkan) dalam menentukan kekuatan komponen struktur yang tersedia. Untuk menghubungkan elemen dan untuk komponen struktur lainnya, kekuatan material yang disyaratkan harus digunakan.

Nilai R_y dan R_t untuk berbagai macam material baja dan material tulangan baja, dicantumkan dalam Tabel A3.1. Nilai-nilai lainnya dari R_y dan R_t harus diperkenankan jika nilai-nilai tersebut ditentukan dengan melakukan uji spesimen, dengan ukuran dan sumber material yang sama digunakan, serta dilakukan menurut persyaratan uji dengan spesifikasi ASTM untuk mutu baja yang disyaratkan.

Catatan: Kekuatan tekan beton ekspektasi boleh diperkirakan menggunakan nilai-nilai dari *Seismic Rehabilitation of Existing Building*, ASCE/SEI 41-06.

Tabel A3.1 - Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja

Aplikasi	R_y	R_t
Profil baja gilas panas dan tulangan: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A36/A36M • ASTM A1043/1043M Gr. 36 (250) • ASTM A572/572M Gr. 50 (345) atau 55 (380), ASTM A913/A913M Gr. 50 (345), 60 (415), atau 65 (450), ASTM A588/A588M, ASTM A992/A992M • ASTM A1043/A1043M Gr. 50 (345) • ASTM A529 Gr. 50 (345) • ASTM A529 Gr. 55 (380) 	1,5 1,3 1,1 1,2 1,2 1,1	1,2 1,1 1,1 1,1 1,2 1,2
Profil Baja Berongga (PBB): <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A500/A500M (Gr. B atau C), ASTM A501 	1,4	1,3
Pipa: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A53/A53M 	1,6	1,2
Pelat, Pelat strip dan Lembaran baja: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A36/A36M • ASTM A1043/1043M Gr. 36 (250) • A1011/A1011M HSLAS Gr. 55 (380) • ASTM A572/A572M Gr. 42 (290) • ASTM A572/A572M Gr. 50 (345), Gr. 55 (380), ASTM A588/A588M • ASTM 1043/1043M Gr. 50 (345) 	1,3 1,3 1,1 1,3 1,1 1,2	1,2 1,1 1,1 1,0 1,2 1,1
Tulangan Baja: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A615, ASTM 706 	1,25	1,25

3. Profil Besar

Untuk baja struktural dalam SPGS, selain persyaratan *Spesifikasi* Pasal A3.1c, profil gilas panas dengan tebal sayap 1½ in. (38 mm) dan lebih tebal harus memiliki kekerasan takik minimum charpy V dari 20 ft-lbs (27 J) pada 70 °F (21 °C), diuji pada pengganti lokasi inti seperti yang dijelaskan dalam ASTM A6 Persyaratan Tambahan S30. Tebal pelat 2 in. (50 mm) dan lebih tebal harus memiliki kekerasan takik minimum

charpy V dari 20 ft-lbs (27 J) pada 70 °F (21 °C), diukur pada setiap lokasi yang diperkenankan oleh ASTM A673, frekuensi P, dimana pelat digunakan pada yang berikut:

- (a) Komponen pelat tersusun
- (b) Pelat penyambung dimana regangan inelastis terjadi akibat beban gempa ekspektasi
- (c) *Inti baja* dari tekuk-terkekang breising

4. Bahan Habis Pakai untuk Pengelasan

4a. Las Sistem Penahan Gaya Seismik

Semua las yang digunakan pada komponen struktur dan sambungan pada SPGS harus dibuat dengan logam pengisi yang memenuhi persyaratan yang disyaratkan dalam ayat 6.3 *Structural Welding Code-Seismic Supplement* (AWS D1.8/D1.8M), selanjutnya disebut pada AWS D1.8/D1.8M.

Catatan: AWS D1.8/D1.8M sub ayat 6.3.5, 6.3.6, 6.3.7 dan 6.3.8 hanya berlaku pada *las kritis perlu*.

4b. Las Kritis Perlu

Las-las yang ditunjuk sebagai kritis diperlukan harus dibuat dengan logam pengisi memenuhi persyaratan yang disyaratkan dalam AWS D1.8/D1.8M Subpasal 6.3.

Catatan: AWS D1.8/D1.8M mensyaratkan bahwa semua las sistem penahan gaya seismik yang dibuat dengan logam pengisi diklasifikasikan menggunakan standar AWS A5 mencapai properti mekanikal yang berikut:

Properti Klasifikasi Logam Pengisi untuk Las Sistem Penahan Gaya Seismik		
Properti	Klasifikasi	
	70 ksi (480 MPa)	80 ksi (550 MPa)
Kekuatan leleh, ksi (MPa)	Minimum 58 (400)	Minimum 68 (470)
Kekuatan tarik, ksi (MPa)	Minimum 70 (480)	Minimum 80 (550)
Elongasi, (%)	Minimum 22	Minimum 19
Kekerasan takik charpy V, ft-lbf (J)	Minimum 20 (27) @ 0 °F (-18 °C) ^a	
^a Logam pengisi yang diklasifikasikan memenuhi minimum 20 ft-lbf (27 J) pada suatu temperatur lebih rendah dari 0 °F (-18 °C) juga memenuhi persyaratan ini		

Selain persyaratan diatas, AWS D1.8/D1.8M mensyaratkan semua las-kritis-perlu harus dibuat dari logam pengisi yang memenuhi Uji *Heat Input Envelope* logam las dengan properti mekanikal berikut, kecuali dinyatakan dibebaskan dari pengujian:

Properti mekanikal untuk las-kritis-perlu		
Properti	Klasifikasi	
	70 ksi (480 MPa)	80 ksi (550 MPa)
Kekuatan leleh, ksi (MPa)	Minimum 58 (400)	Minimum 68 (470)
Kekuatan tarik, ksi (MPa)	Minimum 70 (480)	Minimum 80 (550)
Elongasi, (%)	Minimum 22	Minimum 19
Kekerasan takik charpy V, ft-lbf (J)	Minimum 40 (54) @ 70 °F (20 °C) ^{b, c}	
^b Untuk TLTT pada + 50 °F (+ 10 °C). Untuk TLTT kurang dari + 50 °F (+10 °C), lihat AWS D1.8/D1.8M subayat 6.3.6		
^c Pengujian dilakukan menurut AWS D1.8/D1.8M Lampiran A memenuhi minimum 40 ft-lbf (54 J) pada temperatur lebih rendah dari + 70 °F (20 °C) juga memenuhi persyaratan ini.		

5. Beton dan Tulangan Baja

Beton dan tulangan baja yang digunakan pada komponen komposit dalam SPGS menengah komposit atau SPGS khusus dari Pasal G2, G3, G4, H2, H3, H5, dan H6 harus memenuhi persyaratan ACI 318 Bab 21. Beton dan tulangan baja yang digunakan pada komponen komposit dalam SPGS biasa komposit dari Pasal G1, H1, dan H4 harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.1.1.5.

A4. GAMBAR DESAIN STRUKTURAL DAN SPESIFIKASI

1. Umum

Gambar desain struktur dan spesifikasi harus menunjukkan pekerjaan yang dilakukan, dan mencakup bagian-bagian yang disyaratkan oleh *Spesifikasi, AISC Code of standard practice for steel buildings and bridges, peraturan bangunan gedung yang berlaku*, dan yang berikut, yang sesuai:

- (1) Penunjukan SPGS.
- (2) Identifikasi komponen struktur dan sambungan yang merupakan bagian SPGS.
- (3) Lokasi dan dimensi *zona terlindung*.
- (4) Detail sambungan antara diafragma lantai beton dan elemen baja struktural SPGS.
- (5) Persyaratan gambar kerja dan gambar ereksi yang tidak dibahas dalam Pasal I1.

2. Konstruksi Baja

Selain persyaratan Pasal A4.1, gambar desain struktur dan spesifikasi untuk konstruksi baja harus menunjukkan bagian-bagian berikut, yang sesuai:

- (1) Konfigurasi dari sambungan
- (2) Spesifikasi dan ukuran material sambungan
- (3) Lokasi *las kritis perlu*
- (4) Lokasi dimana pelat buhul didetail untuk mengakomodasi rotasi inelastis

- (5) Lokasi dari pelat penyambung yang mensyaratkan kekerasan takik charpy V (CVN) menurut Pasal A3.3(b)
- (6) *Temperatur Layan Terendah Terantisipasi* (TLTT), jika struktur baja tidak tertutup dan memiliki temperatur tidak lebih kecil dari 50 °F (10 °C)
- (7) Lokasi dimana pelat pendukung sementara yang dilas harus dihilangkan
- (8) Lokasi dimana pelat pendukung sementara yang dilas harus dipertahankan
- (9) Lokasi dimana las sudut diperlukan untuk memperkuat las tumpul atau untuk memperbaiki sambungan geometri
- (10) Lokasi dimana las-titik-perlu harus dihilangkan
- (11) Lokasi sambungan di mana diperlukan transisi meruncing
- (12) Bentuk lubang akses las, jika disyaratkan bentuk selain dari yang diberikan *Spesifikasi*
- (13) Joint atau group joint dimana urutan tertentu perakitan, urutan pengelasan, teknik pengelasan atau tindakan khusus lainnya yang diperlukan harus disampaikan kepada *insinyur profesional bersertifikat*

3. Konstruksi Komposit

Selain persyaratan Pasal A4.1, dan persyaratan Pasal A4.2 yang berlaku untuk komponen baja dari beton bertulang atau elemen komposit, gambar desain struktural, dan spesifikasi untuk konstruksi komposit harus menunjukkan bagian-bagian yang berikut:

- (1) Penempatan batang tulangan, batas potong, sambungan lewatan dan sambungan mekanikal, kait dan angkur mekanikal, penempatan sengkang dan tulangan transversal lainnya
- (2) Persyaratan untuk perubahan dimensi akibat dari perubahan temperatur, rangkai dan susut
- (3) Lokasi, besarnya dan urutan dari adanya prategang atau pasca-tarik
- (4) Lokasi angkur paku berkepala baja dan angkur tulangan yang memperkuat las

BAB B

PERSYARATAN DESAIN UMUM

Bab ini membahas persyaratan umum untuk desain seismik struktur baja yang berlaku pada semua bab dari ketentuan-ketentuan tersebut.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- B1. Persyaratan Umum Perancangan Seismik
- B2. Beban dan Kombinasi Beban
- B3. Dasar Desain
- B4. Sistem Tipe

B1. PERSYARATAN UMUM PERANCANGAN SEISMIK

Kekuatan perlu dan persyaratan desain seismik lainnya untuk *kategori desain seismik* (KDS), *kategori resiko*, dan batasan terhadap tinggi dan ketidakteraturan harus seperti disyaratkan dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

Simpangan tingkat desain dan batasan terhadap simpangan tingkat harus ditentukan seperti disyaratkan dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

B2. BEBAN DAN KOMBINASI BEBAN

Beban dan *kombinasi beban* harus seperti yang ditetapkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*. Kecuali ditentukan lain dalam Standar ini, dimana *beban seismik teramplifikasi* disyaratkan oleh Standar ini, efek beban seismik termasuk sistem faktor kekuatan-lebih harus diterapkan seperti dijelaskan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku. Bila efek gaya horizontal termasuk kekuatan-lebih, E_{mh} , ditentukan dalam Standar ini, maka harus dikombinasikan dengan efek beban seismik vertikal seperti disyaratkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku dan dikalikan dengan 1,0 untuk pemakaian dalam *kombinasi beban DFBK* dan 0,7 untuk pemakaian dalam *kombinasi beban DKI*.

Catatan: Efek beban seismik termasuk sistem faktor kekuatan-lebih yang ditentukan dalam ASCE/SEI Pasal 12.4.3. Apabila E_{mh} ditentukan dalam Standar ini, hal ini dimaksudkan untuk mengganti E_{mh} dalam ASCE/SEI 7 Pasal 12.4.3.

Pada konstruksi komposit, penggabungan komponen beton bertulang yang dirancang menurut persyaratan ACI 318, persyaratan dari *Spesifikasi* Pasal B3.3, perancangan kekuatan menggunakan Desain Faktor Beban dan Ketahanan, harus digunakan untuk *Sistem Penahan Gaya Seismik* (SPGS).

Catatan: Apabila tidak ditentukan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku, Ω_0 harus ditentukan menurut ASCE/SEI 7.

B3. DASAR DESAIN**1. Kekuatan Perlu**

Kekuatan perlu komponen struktural dan sambungan harus lebih besar dari:

- (1) Kekuatan perlu seperti ditentukan oleh analisis struktur untuk kombinasi beban yang berlaku, seperti ditetapkan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku, dan dalam Bab C.
- (2) Kekuatan perlu yang ditetapkan dalam Bab D, E, F, G dan H.

2. Kekuatan Tersedia

Kekuatan tersedia yang ditetapkan sebagai *kekuatan desain*, ϕR_n , untuk desain menurut ketentuan untuk *Desain Faktor Beban dan Ketahanan* (DFBK) dan *kekuatan izin*, R_n/Ω , untuk desain menurut ketentuan untuk *Desain Kekuatan Izin* (DKI). Kekuatan tersedia dari sistem, komponen struktural, dan sambungan harus ditentukan menurut *Spesifikasi*, kecuali seperti dimodifikasi dalam Standar ini.

B4. TIPE SISTEM STRUKTUR

Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS) harus terdiri dari satu atau lebih rangka momen, *rangka terbreis* atau sistem dinding geser sesuai dengan persyaratan dari satu sistem seismik yang ditetapkan dalam Bab E, F, G dan H.

BAB C ANALISIS

Bab ini membahas persyaratan analisis sehubungan dengan perancangan. Bab ini disusun sebagai berikut:

- C1. Persyaratan Umum
- C2. Persyaratan Tambahan
- C3. Analisis Nonlinier

C1. PERSYARATAN UMUM

Analisis yang sesuai dengan persyaratan *peraturan bangunan gedung yang berlaku dan Spesifikasi* harus dilakukan untuk perancangan sistem.

Apabila perancangan didasarkan pada analisis elastis, properti kekakuan komponen struktur dari sistem baja harus berdasarkan pada penampang elastis dan untuk sistem komposit harus mencakup efek penampang retak.

C2. PERSYARATAN TAMBAHAN

Analisis tambahan harus dilakukan seperti yang disyaratkan dalam Bab E, F, G, dan H dari Standar ini.

C3. ANALISIS NONLINIER

Apabila analisis nonlinier digunakan untuk memenuhi persyaratan Standar ini, maka harus dilakukan menurut Bab 16 ASCE/SEI 7.

BAB D

PERSYARATAN UMUM PERANCANGAN KOMPONEN STRUKTUR DAN SAMBUNGAN

Bab ini membahas persyaratan umum untuk perancangan komponen struktur dan sambungan.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- D1. Persyaratan Komponen Struktur
- D2. Sambungan
- D3. Kompatibilitas Deformasi dari Komponen Struktur Non-SPGS dan Sambungan
- D4. Tiang-H

D1. PERSYARATAN KOMPONEN STRUKTUR

Komponen struktur dari rangka momen, *rangka terbreis* dan dinding geser pada *Sistem Penahan Gaya Seismik* (SPGS) harus memenuhi *Spesifikasi* dan Pasal ini. Komponen struktur tertentu dari SPGS diharapkan mengalami deformasi inelastis akibat *gempa desain* yang ditunjukkan dalam ketentuan-ketentuan ini sebagai *komponen struktur daktail sedang* atau *komponen struktur daktail tinggi*.

1. Klasifikasi Profil untuk Daktilitas

Apabila disyaratkan untuk sistem yang dijelaskan dalam Bab E, F, G, H dan Pasal D4, komponen-komponen struktur yang ditunjuk sebagai komponen struktur daktail sedang atau komponen struktur daktail tinggi harus memenuhi ketentuan pasal ini.

1a. Persyaratan Profil untuk Komponen Struktur Daktail

Profil baja struktural untuk komponen struktur daktail sedang dan komponen struktur daktail tinggi harus memiliki sayap menerus tersambung ke badan atau badan-badan.

Kolom komposit terbungkus beton harus memenuhi persyaratan Pasal D1.4b(1) untuk komponen struktur daktail sedang dan Pasal D1.4b(2) untuk komponen struktur daktail tinggi.

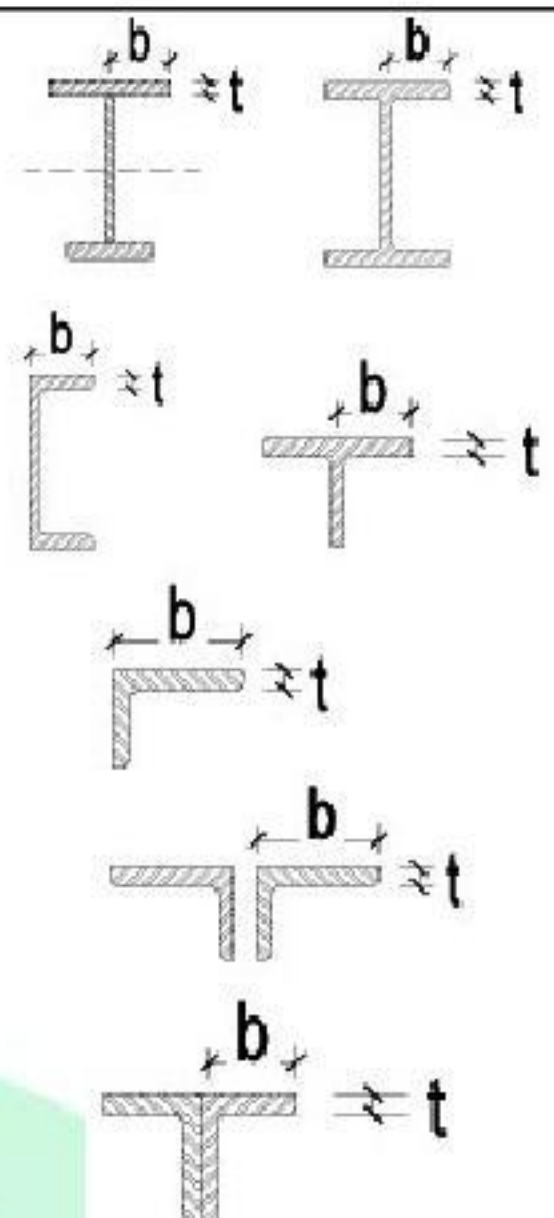
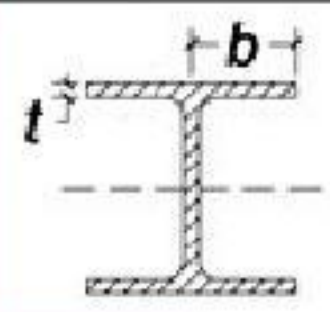
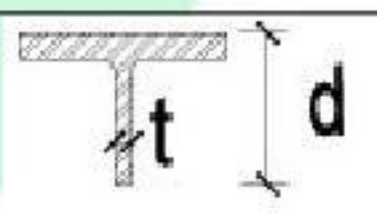
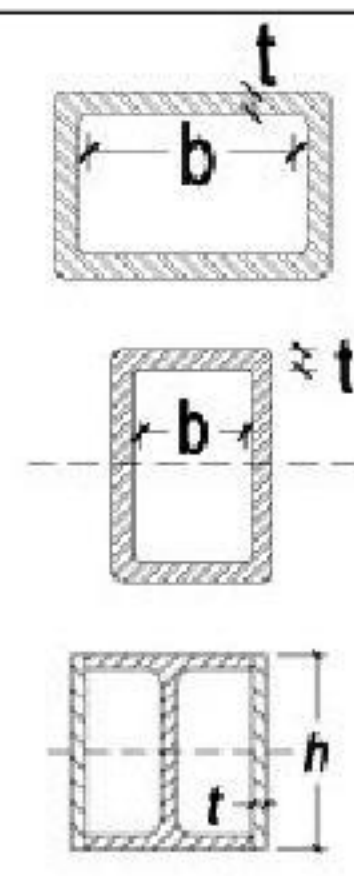
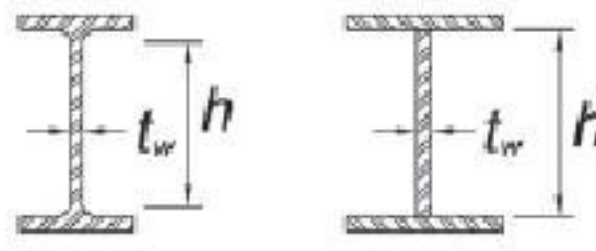
Kolom komposit terisi beton harus memenuhi persyaratan Pasal D1.4c untuk komponen struktur daktail sedang dan tinggi.

Penampang beton harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.3 untuk komponen struktur daktail sedang dan ACI 318 Pasal 21.6 untuk komponen struktur daktail tinggi.

1b. Pembatasan Lebar-terhadap-Tebal dari Baja dan Penampang Komposit

Untuk komponen struktur yang dirancang sebagai komponen struktur daktail sedang, rasio lebar-terhadap-ketebalan dari elemen tekan tidak boleh melampaui batasan rasio lebar-terhadap-ketebalan, λ_{md} , dari Tabel D1.1.

Untuk komponen struktur yang ditunjuk sebagai komponen struktur daktail tinggi, rasio lebar-terhadap-ketebalan dari elemen tekan tidak boleh melampaui batasan rasio lebar-terhadap-ketebalan, λ_{hd} , dari Tabel D1.1.

TABEL D1.1 Batasan Rasio Lebar-terhadap-Tebal untuk Elemen Tekan Untuk Komponen Struktur Daktil Sedang dan Daktil Tinggi					
	Deskripsi dari Elemen	Rasio Lebar-terhadap-Tebal	Batasan Rasio Lebar-Terhadap-Tebal		Contoh
			λ_{hd} Komponen Struktur Daktil Tinggi	λ_{md} Komponen Struktur Daktil Sedang	
	Sayap dari profil I, Kanal, dan T gilas atau tersusun; kaki dari profil siku tunggal atau ganda dengan pemisah; kaki bebas dari sepasang profil siku tanpa pemisah	b/t	$0,30\sqrt{E/F_y}$	$0,38\sqrt{E/F_y}$	
	Sayap dari profil tiang H menurut Pasal D4	b/t	$0,45\sqrt{E/F_y}$	tidak berlaku	
	Badan penampang T	d/t	$0,30\sqrt{E/F_y}^{[a]}$	$0,38\sqrt{E/F_y}$	
	Dinding dari PSB persegi Sayap dari profil I tertutup dan profil kotak tersusun Pelat samping profil I tertutup dan dinding profil kotak tersusun yang digunakan sebagai Breising diagonal	b/t b/t h/t	 $0,55\sqrt{E/F_y}^{[b]}$	 $0,64\sqrt{E/F_y}^{[c]}$	
	Badan dari profil I gilas atau tersusun yang digunakan sebagai Breising diagonal	h/t_w	$1,49\sqrt{E/F_y}$	$1,49\sqrt{E/F_y}$	

TABEL D1.1 (LANJUTAN)
Batasan Rasio Lebar-terhadap-Tebal untuk Elemen Tekan
Untuk Komponen Struktur Daktil Sedang dan Daktil Tinggi

	Deskripsi dari Elemen	Rasio Lebar-terhadap-p-Tebal	Batasan Rasio Lebar-Terhadap-Tebal		Contoh
			λ_{hd} Komponen Struktur Daktil Tinggi	λ_{md} Komponen Struktur Daktil Sedang	
	Badan dari profil I gilas atau tersusun sebagai balok atau kolom ^[d]	h/t_w	Untuk $C_a \leq 0,125$ $2,45 \sqrt{E/F_y} (1 - 0,93C_a)$	Untuk $C_a \leq 0,125$ $3,76 \sqrt{E/F_y} (1 - 2,75C_a)$	
	Pelat samping dari profil I tertutup yang digunakan sebagai balok atau kolom	h/t	Untuk $C_a > 0,125$ $0,77 \sqrt{E/F_y} (2,93 - C_a)$ $\geq 1,49 \sqrt{E/F_y}$ dengan $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$ (DFBK) $C_a = \frac{\Omega_c P_a}{P_y}$ (DKI)	Untuk $C_a > 0,125$ $1,12 \sqrt{E/F_y} (2,33 - C_a)$ $\geq 1,49 \sqrt{E/F_y}$ dengan $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$ (DFBK) $C_a = \frac{\Omega_c P_a}{P_y}$ (DKI)	
	Badan profil kotak tersusun yang digunakan sebagai balok atau kolom	h/t			
	Badan profil tiang H	h/t_w	$0,94 \sqrt{E/F_y}$	tidak berlaku	
	Dinding dari PSB bulat	d/t	$0,038 E/F_y$	$0,044 E/F_y$ ^[e]	
	Dinding dari komponen struktur komposit terisi beton persegi	b/t	$1,4 \sqrt{E/F_y}$	$2,26 \sqrt{E/F_y}$	
	Dinding komponen struktur komposit terisi beton bulat	d/t	$0,076 E/F_y$	$0,15 E/F_y$	
<p>^[a] Untuk komponen struktur tekan profil T, pembatasan rasio tebal terhadap lebar untuk komponen struktur daktil tinggi untuk badan profil T dapat ditingkatkan menjadi $0,38 \sqrt{E/F_y}$ jika salah satu dari kondisi berikut dipenuhi:</p> <p>(1) Pada komponen struktur tekan terjadi tekuk disekitar bidang bagian badan.</p> <p>(2) Beban tekan aksial yang disalurkan pada ujung sambungan ke hanya muka terluar dari sayap profil T yang menghasilkan sebuah eksentrisitas sambungan yang memperkecil tegangan tekan pada ujung dari bagian badan.</p> <p>^[b] Pembatasan rasio lebar terhadap ketebalan sayap profil I kotak dan profil kotak tersusun dari kolom pada sistem RMK tidak boleh melampaui $0,6 \sqrt{E/F_y}$.</p> <p>^[c] pembatasan rasio lebar terhadap ketebalan dinding pada komponen struktur PSB persegi, sayap profil I kotak dan sayap profil kotak built-up digunakan sebagai balok atau kolom tidak boleh melampaui $1,12 \sqrt{E/F_y}$.</p> <p>^[d] untuk balok profil I dalam sistem RMK, dimana C_a kurang dari atau sama dengan 0,125, pembatasan rasio h/t_w tidak boleh melampaui $2,45 \sqrt{E/F_y}$. Untuk balok profil I dalam sistem Rangka Momen Menengah (RMM), dimana C_a kurang dari atau sama dengan 0,125, pembatasan rasio lebar terhadap ketebalan tidak boleh melampaui $3,76 \sqrt{E/F_y}$.</p> <p>^[e] Pembatasan rasio diameter terhadap ketebalan pada komponen struktur Profil Struktur Berongga (PSB) bundar digunakan sebagai balok atau kolom tidak boleh melampaui $0,07 E/F_y$.</p>					

2. Breising Stabilitas Balok

Apabila disyaratkan dalam Bab E, F, G, dan H, breising stabilitas harus disediakan seperti disyaratkan dalam pasal ini untuk menahan tekuk torsi lateral baja struktur atau balok terbungkus beton yang memikul lentur dan ditunjuk sebagai komponen struktur daktail sedang atau komponen struktur daktail tinggi.

Catatan: Selain persyaratan dalam Bab E, F, G, dan H yang memberikan breising stabilitas untuk berbagai komponen struktur balok seperti balok rangka momen menengah dan balok *rangka momen khusus*, breising stabilitas juga disyaratkan untuk kolom dalam *sistem kolom kantilever khusus* (SKKK) dalam Pasal E6.

2a. Komponen Struktur Daktail Sedang

(a) Breising balok baja daktail sedang harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Kedua-dua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang harus terbreis torsional.
- (2) Breising balok harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk breising lateral atau breising torsional dari balok, dimana kekuatan lentur perlu komponen struktur harus:

$$M_r = R_y F_y Z \text{ (DFBK)} \quad (D1-1a)$$

atau

$$M_r = R_y F_y Z / 1,5 \text{ (DKI)} \quad (D1-1b)$$

dimana

$$C_d = 1,0$$

R_y = rasio dari *tegangan leleh ekspektasi* terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan

Z = modulus penampang plastis, in^3 (mm^3)

- (3) Breising balok harus memiliki jarak maksimum dari

$$L_b = 0,17 r_y E / F_y \quad (D1-2)$$

(b) Breising dari *balok komposit terbungkus beton* daktail sedang harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Kedua sayap dari komponen struktur harus terbreis lateral atau profil melintang balok harus terbreis torsional.
- (2) Breising lateral harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk breising lateral atau breising torsional dari balok, dimana $M_r = M_{p, exp}$ dari balok seperti disyaratkan dalam Pasal G2.6d, dan $C_d = 1,0$.
- (3) Breising komponen struktur harus memiliki jarak maksimum dari

$$L_b = 0,17 r_y E / F_y \quad (D1-3)$$

dengan menggunakan properti material profil baja dan r_y dalam bidang tekuk yang dihitung berdasarkan penampang tertransformasi menjadi elastis.

2b. Komponen Struktur Daktil Tinggi

Selain persyaratan Pasal D1.2a(a)(1) dan (2), dan D1.2a(b)(1) dan (2), breising komponen struktur balok daktil tinggi harus memiliki spasi maksimum $L_b = 0,08 r_y E / F_y$. Untuk balok komposit terbungkus beton, properti material penampang baja harus digunakan dan perhitungan r_y dalam bidang tekuk harus berdasarkan profil tertransformasi menjadi elastis.

2c. Breising Khusus pada Lokasi Sendi Plastis

Breising khusus harus ditempatkan berdekatan dengan lokasi *sendi plastis* yang diharapkan terjadi dimana disyaratkan oleh Bab E, F, G atau H.

(a) Untuk balok baja struktural, breising tersebut harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Kedua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang komponen struktur harus terbreis torsional.
- (2) *Kekuatan perlu* breising lateral dari masing-masing sayap yang disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus:

$$P_u = 0,06 R_y F_y Z / h_o \text{ (DFBK)} \quad (\text{D1-4a})$$

atau

$$P_a = (0,06/1,5) R_y F_y Z / h_o \text{ (DKI)} \quad (\text{D1-4b})$$

dimana

h_o = jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

Kekuatan perlu breising torsional yang tersedia berdekatan dengan sendi plastis harus:

$$M_u = 0,06 R_y F_y Z \text{ (DFBK)} \quad (\text{D1-5a})$$

atau

$$M_a = (0,06/1,5) R_y F_y Z \text{ (DKI)} \quad (\text{D1-5b})$$

- (3) Kekakuan breising yang diperlukan harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi* untuk breising lateral atau breising torsional dari balok dengan $C_d = 1,0$ dan di mana kekuatan lentur ekspektasi balok harus:

$$M_r = M_u = R_y F_y Z \text{ (DFBK)} \quad (\text{D1-6a})$$

atau

$$M_r = M_a = R_y F_y Z / 1,5 \quad (\text{DKI}) \quad (\text{D1-6b})$$

(b) Untuk balok komposit terbungkus beton, breising tersebut harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Kedua sayap balok harus terbreis lateral atau penampang melintang balok harus terbreis torsional.
- (2) Kekuatan perlu breising lateral yang disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus

$$P_u = 0,06 M_{p,exp} / h_o \quad (\text{D1-7})$$

dari balok, di mana $M_{p,exp}$ ditentukan menurut Pasal G2.6d.

Kekuatan perlu untuk breising torsional yang tersedia berdekatan dengan sendi plastis harus sebesar $M_u = 0,06 M_{p,exp}$ dari balok tersebut.

- (3) Kekakuan breising yang diperlukan harus memenuhi persyaratan Lampiran 6 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktur* untuk breising lateral atau breising torsional dari balok dimana $M_r = M_u = M_{p,exp}$ dari balok ditentukan menurut Pasal G2.6d, dan $C_d = 1,0$.

3. Zona Terlindung

Diskontinuitas seperti diatur Pasal I2.1, sebagai hasil dari prosedur pabrikan dan ereksi dari pengikatan lainnya dilarang dalam daerah komponen struktur atau elemen sambungan yang dirancang sebagai *zona terlindung* sesuai Standar ini atau ANSI/AISC 358.

Pengecualian: Angkur batang berkepala baja yang dilas dan sambungan lainnya diizinkan pada zona terlindung bila ditetapkan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dengan sambungan teruji menurut Pasal K1, atau seperti yang ditentukan dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2 dan K3.

4. Kolom

Kolom pada rangka momen, rangka terbreis dan dinding geser harus memenuhi persyaratan pasal ini.

4a. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu kolom dalam Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS) harus ditentukan dari yang berikut:

- (1) Efek beban yang dihasilkan dari persyaratan analisis untuk sistem yang berlaku melalui Pasal E, F, G dan H.

Pengecualian: Pasal D1.4a tidak berlaku untuk Pasal G1, H1 atau H4.

- (2) Kekuatan aksial tekan dan kekuatan tarik seperti yang ditentukan dengan menggunakan kombinasi beban yang ditetapkan dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* termasuk *beban seismik teramplifikasi*. Diizinkan mengabaikan momen-momen yang diterapkan pada penentuan ini kecuali momen hasil dari beban diterapkan pada kolom antara titik-titik penyangga lateral. Kekuatan tekan aksial perlu dan kekuatan tarik perlu tidak perlu melebihi salah satu dari yang berikut:
- (a) Beban maksimum yang disalurkan ke kolom dengan sistem, termasuk efek kekuatan-lebih material dan pengerasan regangan dalam komponen struktur ini dimana pelelehan diharapkan.
 - (b) Gaya-gaya sehubungan dengan ketahanan fondasi terhadap guling.

4b. Kolom Komposit Terbungkus Beton

Kolom komposit terbungkus beton harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktur* Bab I, selain persyaratan dari pasal ini. Persyaratan tambahan, seperti disyaratkan untuk komponen struktur daktail sedang dan komponen struktur daktail tinggi dalam Pasal D1.4b(1) dan (2) harus diterapkan seperti disyaratkan dalam deskripsi sistem seismik komposit Bab G dan Bab H.

(1) Komponen Struktur Daktail Sengah

Kolom komposit terbungkus beton yang digunakan sebagai komponen struktur daktail sedang harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Spasi maksimum tulangan transversal pada bagian atas dan bawah harus paling sedikit sebagai berikut:
 - (i) $\frac{1}{2}$ dimensi terkecil dari penampang
 - (ii) 8 diameter batang tulangan longitudinal
 - (iii) 24 diameter batang tulangan sengkang pengikat
 - (iv) 12 in. (300 mm)
- (2) Spasi ini harus dipertahankan sepanjang jarak vertikal yang sama dengan nilai terbesar dari panjang yang berikut, diukur dari setiap muka joint dan pada kedua sisi penampang mana saja pelelehan lentur diharapkan terjadi:
 - (i) $\frac{1}{6}$ tinggi bersih vertikal dari kolom
 - (ii) dimensi penampang melintang maksimum
 - (iii) 18 in. (450 mm)
- (3) Spasi sengkang sepanjang tinggi kolom yang tersisa tidak boleh melebihi dua kali spasi yang ditentukan Pasal D1.4b(1)(1)
- (4) Sambungan dan detail tumpuan ujung untuk kolom komposit terbungkus beton dalam Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS) komposit biasa Pasal G1, H1 dan H4 harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* dan ACI 318 Pasal 7.8.2. Desain harus memenuhi ACI 318 Pasal 21.1.6 dan 21.1.7. Desain harus memperhitungkan setiap efek perilaku yang merugikan akibat

perubahan mendadak dalam kekakuan komponen struktur atau *kekuatan tarik* nominal. Transisi pada penampang beton bertulang tanpa komponen struktur baja struktural yang ditanam, transisi pada profil baja struktur tanpa penutup, dan *dasar kolom* harus dipertimbangkan terhadap perubahan mendadak.

- (5) Kawat lasan pabrik harus dilarang sebagai tulangan transversal dalam komponen struktur daktail sedang.

(2) Komponen Struktur Daktail Tinggi

Kolom komposit terbungkus beton yang digunakan sebagai komponen struktur daktail tinggi harus memenuhi Pasal D1.4b(1) selain persyaratan yang berikut:

- (1) *Tulangan penahan beban* longitudinal harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.6.3.
- (2) Tulangan transversal harus berupa tulangan sengkang tertutup seperti ditetapkan dalam ACI 318 Bab 21 dan harus memenuhi persyaratan yang berikut:
 - (i) Luas minimum dari tulangan sengkang, A_{sh} , harus:

$$A_{sh} = h_{cc}s \left(1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right) \left(\frac{f'_c}{F_{ysr}} \right) \quad (D1-8)$$

dimana

A_s = luas penampang inti baja struktural, in.² (mm²)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari inti baja struktural, ksi (MPa)

F_{ysr} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari sengkang, ksi (MPa)

P_n = kekuatan tekan nominal *kolom komposit* yang dihitung menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, kips (N)

h_{cc} = dimensi penampang melintang dari inti terkekang diukur pusat-ke-pusat tulangan sengkang, in. (mm)

f'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, ksi (MPa)

s = spasi tulangan transversal diukur sepanjang sumbu longitudinal komponen struktural, in. (mm)

Persamaan D1-8 tidak perlu dipenuhi jika *kekuatan nominal* penampang baja struktural terbungkus beton sendiri adalah lebih besar dari efek *beban* dari kombinasi beban $1,0D + 0,5L$.

dimana

D = beban mati akibat berat elemen struktural dan fitur permanen pada bangunan gedung, kips (N)

L = beban hidup akibat hunian dan peralatan yang dapat dipindahkan, kips (N)

- (ii) Spasi maksimum tulangan transversal sepanjang tinggi kolom harus diambil terkecil dari 6 diameter batang tulangan longitudinal penahan beban atau 6 in. (150 mm)
- (iii) Apabila disyaratkan Pasal D1.4b(1)(2), (3) atau (4), spasi maksimum tulangan transversal sepanjang panjang komponen struktur harus diambil terkecil dari $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur terkecil atau 4 in. (100 mm). Tulangan pengekan harus berjarak tidak lebih dari 14 in. (350 mm) pada pusat dalam arah transversal.
- (3) Kolom komposit terbungkus beton dalam rangka terbreis dengan kekuatan tekan perlu, tanpa memperhitungkan beban seismik teramplifikasi, lebih besar dari $0,2P_n$ harus memiliki tulangan transversal seperti disyaratkan Pasal D1.4b(2)(2)(iii) sepanjang panjang elemen total. Persyaratan ini tidak perlu dipenuhi jika kekuatan nominal penampang baja terbungkus beton sendiri adalah lebih besar dari efek beban dari kombinasi beban $1,0D + 0,5L$.
- (4) Kolom komposit yang mendukung reaksi dari komponen struktur kaku diskontinu, seperti dinding atau rangka terbreis, harus memiliki tulangan transversal seperti yang disyaratkan Pasal D1.4b(2)(2)(iii) di atas panjang penuh di bawah tingkat dimana diskontinuitas terjadi jika kekuatan tekan diperlukan, tanpa memperhitungkan beban seismik teramplifikasi, melebihi $0,1DP_n$. Tulangan transversal harus diperluas masuk ke komponen struktur diskontinu paling sedikit sepanjang yang diperlukan untuk menyalurkan pelelehan penuh pada penampang baja terbungkus beton dan tulangan longitudinal. Persyaratan ini tidak perlu dipenuhi jika kekuatan nominal penampang baja terbungkus beton sendiri lebih besar dari efek beban dari kombinasi beban $1,0D + 0,5L$.
- (5) Kolom komposit terbungkus beton yang digunakan dalam RMK-K harus memenuhi persyaratan yang berikut:
 - (i) Tulangan transversal harus memenuhi persyaratan Pasal D1.4b(2)(2) pada daerah sepanjang kolom bagian atas dan bawah yang disyaratkan Pasal D1.4b(1)(2).
 - (ii) Persyaratan desain kolom kuat/balok lemah dalam Pasal G3.4a harus dipenuhi. Dasar kolom harus didetail untuk menopang persendian lentur inelastis.
 - (iii) *Kekuatan geser perlu* kolom harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.6.5.1.
- (6) Apabila kolom diakhiri pada fondasi atau fondasi rakit, tulangan transversal seperti yang disyaratkan pada pasal ini harus diperluas masuk ke dalam fondasi atau fondasi rakit paling sedikit 12 in. (300 mm). Apabila kolom diakhiri pada suatu dinding, tulangan transversal harus diperluas masuk ke dalam dinding paling sedikit sebesar panjang yang diperlukan untuk menyalurkan pelelehan penuh pada profil terbungkus beton dan tulangan longitudinal.

4c. Kolom Komposit Terisi Beton

Pasal ini berlaku untuk kolom yang memenuhi batasan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal I2.2. Kolom tersebut harus dirancang memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab I, kecuali *kekuatan geser nominal* kolom komposit harus sebesar kekuatan geser nominal dari penampang baja struktur sendiri, berdasarkan luas geser efektifnya.

5. Diafragma Pelat Komposit

Desain dari lantai komposit dan diafragma pelat atap untuk efek gempa harus memenuhi persyaratan yang berikut.

5a. Transfer Beban

Harus ada pendetailan untuk menyalurkan beban antara diafragma dan *komponen struktur pembatas*, elemen *kolektor*, serta elemen dari sistem rangka horizontal.

5b. Kekuatan Geser Nominal

Kekuatan geser nominal pada-bidang dari diafragma komposit dan pelat beton pada diafragma dek baja harus diambil sebagai kekuatan geser nominal beton bertulang di atas bagian teratas dari pelat baja berusuk menurut ACI 318 tidak termasuk Bab 22. Alternatif, kekuatan geser nominal diafragma komposit harus ditentukan dengan pengujian geser pada bidang diafragma terisi beton.

D2. SAMBUNGAN

1. Umum

Sambungan, joint dan sarana penyambung yang merupakan bagian dari SPGS harus memenuhi *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab J, dan persyaratan tambahan dari pasal ini.

Splice dan dasar kolom yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari SPGS harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5a, D2.5c dan D2.6.

Bila *zona terlindung* ditunjuk dalam elemen sambungan oleh Standar ini atau ANSI/AISC 358, maka mereka harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3 dan I2.1.

2. Joint Baut

Joint baut harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Kekuatan geser tersedia dari joint baut yang menggunakan lubang standar harus dihitung sebagai joint tipe tumpu menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal J3.6 dan J3.10. Kekuatan tumpuan nominal pada lubang-lubang baut tidak boleh diambil lebih besar dari $2,4dtF_u$.
- (2) Baut dan las tidak boleh dirancang bersama-sama menahan gaya dalam suatu joint atau komponen gaya yang sama dalam suatu sambungan.

Catatan: Suatu gaya komponen struktur, seperti gaya aksial *breis diagonal*, harus ditahan pada keseluruhan sambungan oleh satu tipe dari joint (dengan kata lain, seluruhnya dengan baut atau seluruhnya dengan las). Suatu sambungan dimana baut menahan gaya tegak lurus

terhadap gaya yang ditahan oleh las, sehingga sambungan momen saat dimana lasan sayap menyalurkan lentur dan badan yang dibaut menyalurkan geser, tidak dihitung berbagi gaya.

- (3) Lubang-lubang baut harus lubang-lubang yang standar atau lubang slot pendek tegak lurus terhadap beban yang diterapkan.

Pengecualian: Untuk breis diagonal yang disyaratkan dalam Pasal F1, F2, F3 dan F4, lubang ukuran berlebih diizinkan dalam hanya satu lapis sambungan bila sambungan dirancang sebagai joint slip kritis untuk kekuatan perlu sambungan breis dalam Pasal F1, F2, F3 dan F4.

Catatan: sambungan breis diagonal dengan lubang ukuran berlebih juga harus memenuhi keadaan batas lainnya, termasuk tumpuan baut dan geser baut untuk *kekuatan perlu* dari sambungan seperti dijelaskan dalam Pasal F1, F2, F3 dan F4. Alternatif tipe-tipe lubang boleh dibuat jika dirancang sesuai ANSI/AISC 358, atau jika dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau jika ditentukan dalam suatu program uji kualifikasi menurut Pasal K2 atau Pasal K3.

- (4) Semua baut harus dipasang sebagai baut kekuatan tinggi pratarik. Permukaan lekatan harus memenuhi persyaratan untuk sambungan slip-kritis menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal J3.8 dengan permukaan lekatan yang memiliki koefisien slip Kelas A atau lebih tinggi.

Pengecualian: Permukaan sambungan boleh memiliki pelapis dengan koefisien slip kurang dari yang permukaan lekatan Kelas A untuk yang berikut:

- (1) Sambungan momen pelat ujung sesuai dengan persyaratan Pasal E1, atau ANSI/AISC 358
- (2) Joint yang dibaut dimana efek beban akibat seismik disalurkan, baik melalui gaya tarik dalam baut atau melalui gaya tekan tumpuan tetapi tidak boleh melalui geser dalam baut.

3. Joint Las

Joint las harus dirancang menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab J.

4. Pelat Penerus dan Pengaku

Perancangan *pelat penerus* dan pengaku yang berada pada badan profil gilap harus memungkinkan untuk panjang kontak direduksi pada sayap dan badan komponen struktur berdasarkan ukuran-ukuran klip sudut dalam Pasal I2.4.

5. *Splice* Kolom

5a. Lokasi *Splice*

Untuk semua kolom bangunan gedung, termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari SPGS, *splice* kolom harus berada 4 ft (1,2 m) atau lebih sepanjang dari sambungan sayap balok-ke-kolom.

Pengecualian:

- (1) Apabila tinggi bersih kolom antara sambungan sayap balok-ke-kolom lebih kecil dari 8 ft (2,4 m), *splice* harus berada pada setengah tinggi bersih.
- (2) *Splice* kolom dengan badan dan sayap yang dihubungkan dengan las tumpul penetrasi joint lengkapizinkan untuk berada lebih dekat dengan sambungan sayap balok-ke-kolom, tetapi tidak kurang dari tinggi kolom.
- (3) *Splice* pada kolom komposit.

Catatan: Bila memungkinkan, *splice* harus berada paling sedikit 4 ft (1,2 m) di atas ketinggian lantai finising agar pemasangan perimeter kabel keamanan diizinkan sebelum ereksi tingkatan berikutnya dan untuk memperbaiki aksesibilitas.

5b. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu *splice* kolom dalam SPGS harus lebih besar dari:

- (a) Kekuatan perlu kolom, termasuk yang ditentukan dari Bab E, F, G, dan H, dan Pasal D1.4a; atau,
- (b) Kekuatan perlu yang ditentukan menggunakan *kombinasi beban* yang ditetapkan dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* termasuk *beban seismik teramplifikasi*. Kekuatan perlu tidak perlu melampaui beban maksimum yang dapat disalurkan ke sambungan melalui sistem.

Sebagai tambahan, *splice* kolom yang dilakukan dengan las dimana setiap bagian kolom yang menahan efek beban tarik neto yang dihitung, ditentukan menggunakan kombinasi beban yang ditetapkan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik teramplifikasi, harus memenuhi semua persyaratan berikut:

- (1) *Kekuatan tersedia* dari joint las tumpul Penetrasi Joint Sebagian (PJS), jika digunakan, harus paling sedikit sama dengan 200 % dari kekuatan perlu.
- (2) Kekuatan tersedia untuk setiap *splice* sayap harus paling sedikit sama dengan $0,5R_yF_yb_ft_f$ (DFBK) atau $(0,5/1,5)R_yF_yb_ft_f$ (DKI), yang sesuai, dimana R_yF_y adalah *tegangan leleh ekspektasi* dari material kolom dan b_ft_f adalah luas satu sayap dari kolom yang terkecil yang disambung.
- (3) Bila joint *butt* dalam *splice* kolom dibuat dengan las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (PJL), dimana tegangan tarik pada lokasi manapun dalam sayap terkecil melampaui $0,3F_y$ (DFBK) atau $0,2F_y$ (DKI), maka transisi miring diperlukan antara sayap yang berbeda tebal atau lebarnya. Transisi tersebut harus sesuai dengan AWS D1.8/D1.8M ayat 4.2.

5c. Kekuatan Geser Perlu

Untuk semua kolom bangunan gedung termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari SPGS, *kekuatan geser perlu* dari *splice* kolom sehubungan dengan kedua sumbu ortogonal kolom harus M_{pc}/H (DFBK) atau $M_{pc}/1,5H$ (DKI), yang sesuai, dimana M_{pc} adalah kekuatan lentur plastis nominal terkecil dari penampang kolom untuk arah yang ditinjau, dan H adalah tinggi tingkat.

Kekuatan geser perlu dari *splice* kolom pada SPGS harus lebih besar dari persyaratan di atas atau kekuatan geser perlu ditentukan Pasal D2.5b(a) dan (b).

5d. Konfigurasi *Splice* Baja Struktural

Splice kolom baja struktural boleh menggunakan baut atau las, atau las pada satu kolom dan dengan baut pada lainnya. Konfigurasi *splice* harus memenuhi semua persyaratan spesifik dalam Bab E, F, G atau H.

Bila *splice* badan kolom SPGS dibuat dengan menggunakan *splice* pelat atau kanal, maka *splice* harus berada pada kedua sisi dari badan kolom.

Untuk *splice* joint *butt* lasan yang dibuat dengan las tumpul, *tab/label* las harus dihilangkan menurut AWS D1.8/D1.8M ayat 6.11. Pendukung baja dari las tumpul tidak perlu dihilangkan.

5e. *Splice* pada Kolom Komposit Terbungkus Beton

Untuk *kolom komposit terbungkus beton*, *splice* kolom harus memenuhi Pasal D1.4b dan ACI 318 Pasal 21.6.3.2.

6. Dasar Kolom

Kekuatan perlu *dasar kolom*, termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari SPGS, harus dihitung menurut pasal ini.

Kekuatan tersedia dari elemen baja pada dasar kolom, termasuk pelat dasar, batang angkur, pelat-pelat pengaku, dan elemen-elemen bagian yang menonjol yang digunakan untuk menahan geser harus menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

Apabila kolom di las pada pelat dasar dengan las tumpul, las titik dan las pendukung harus dihilangkan, kecuali las pendukung berada sisi dalam dari sayap dan las pendukung pada badan dari profil I tidak perlu dihilangkan jika pendukung diikat ke pelat dasar kolom dengan las sudut menerus 5/16 in. (8 mm). Las sudut pendukung pada bagian dalam dari sayap kolom dihilangkan.

Kekuatan tersedia elemen beton pada dasar kolom, termasuk batang angkur yang tertanam dan baja tulangan, harus menurut ACI 318 Lampiran D.

Catatan: Apabila beton menggunakan baja tulangan sebagai bagian dari angkur yang dirancang tertanam, maka penting untuk mengetahui modus kegagalan angkur dan diharapkan tersedia tulangan penyalur gaya pada kedua sisi permukaan yang gagal tersebut. Lihat ACI 318, Lampiran D, termasuk Penjelasan.

6a. Kekuatan Aksial Perlu

Kekuatan aksial perlu dari dasar kolom yang ditunjuk sebagai bagian dari SPGS, termasuk pengikatannya pada fondasi, harus merupakan penjumlahan komponen vertikal dari *kekuatan sambungan perlu* dari elemen baja yang disambungkan ke dasar kolom, tetapi tidak kurang dari yang terbesar dari:

- (a) Beban aksial kolom dihitung menggunakan kombinasi beban dari peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik teramplifikasi.

- (b) Kekuatan aksial perlu untuk *splice* kolom, seperti dijelaskan dalam Pasal D2.5.

Catatan: Komponen vertikal dapat mencakup beban aksial kolom dan komponen vertikal beban aksial dari komponen struktur diagonal yang merangka ke dalam dasar kolom, Pasal D2.5 mencakup referensi untuk Pasal D1.4a dan Bab E, F, G dan H. Apabila rangka breis diagonal pada kedua sisi kolom, pengaruh tekuk breis tekan harus diperhitungkan dalam penjumlahan komponen vertikal. Lihat Pasal F2.3.

6b. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dari dasar kolom, termasuk yang tidak ditunjuk sebagai bagian dari SPGS, dan pengikatannya pada fondasi, harus merupakan penjumlahan komponen horizontal dari kekuatan sambungan perlu dari elemen baja yang disambungkan ke dasar kolom sebagai berikut:

- (a) Untuk breis diagonal, komponen horizontal harus ditentukan dari kekuatan perlu sambungan breis diagonal untuk SPGS.
- (b) Untuk kolom-kolom, komponen horizontal harus sama dengan kekuatan geser perlu untuk *splice* kolom yang dijelaskan dalam Pasal D2.5c.

Pengecualian: Kolom bertingkat satu dengan sambungan sederhana pada kedua ujung tidak perlu memenuhi D2.6b(b).

Catatan: Komponen horizontal dapat mencakup beban geser dari kolom dan komponen horizontal beban aksial dari komponen struktur diagonal yang merangka ke dasar kolom. Pasal D2.5 mencakup referensi untuk Pasal D1.4a dan Bab E, F, G dan H.

6c. Kekuatan Lentur Perlu

Apabila dasar kolom dirancang sebagai sambungan momen pada fondasi, *kekuatan lentur perlu* dari dasar kolom yang ditunjuk sebagai bagian dari SPGS, termasuk pengikatannya terhadap fondasi, harus merupakan penjumlahan kekuatan sambungan perlu dari elemen baja yang disambungkan ke dasar kolom sebagai berikut:

- (a) Untuk breis diagonal, kekuatan lentur perlu harus diambil paling sedikit sama dengan kekuatan lentur perlu dari sambungan breis diagonal.
- (b) Untuk kolom-kolom, kekuatan lentur perlu harus diambil paling sedikit sama dengan terkecil dari yang berikut:
 - (i) $1,1 R_y F_y Z$ (DFBK) atau $(1,1/1,5) R_y F_y Z$ (DKI), yang sesuai, dari kolom, atau
 - (ii) Momen yang dihitung menggunakan kombinasi beban dari peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik teramplifikasi.

Catatan: Momen pada kolom untuk sambungan dasar kolom dirancang sebagai sambungan sederhana dapat diabaikan.

7. Sambungan Komposit

Pasal ini berlaku untuk sambungan dalam bangunan gedung yang menggunakan sistem baja dan beton komposit dimana beban seismik disalurkan antara baja struktural dan komponen beton bertulang. Metode untuk perhitungan kekuatan

sambungan harus memenuhi persyaratan dalam pasal ini. Kecuali kekuatan sambungan yang ditentukan dengan analisis atau pengujian, model-model digunakan untuk desain sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Gaya harus disalurkan antara baja struktural dan beton bertulang melalui:
 - (a) Tumpuan langsung dari mekanisme tumpuan internal;
 - (b) Sambungan geser;
 - (c) Friksi geser dengan gaya pengencang perlu disediakan dengan tulangan tegak lurus bidang penyalur geser; atau
 - (d) Kombinasi dari rata-ratanya.

Kontribusi mekanisme berbeda boleh dikombinasikan hanya jika kekakuan dan kapasitas deformasi mekanisme kompatibel. Kekuatan lekatan potensial apapun antara baja struktural dan beton bertulang harus diabaikan untuk tujuan mekanisme kekuatan penyalur gaya sambungan.

- (2) Tumpuan nominal dan kekuatan friksi geser harus memenuhi persyaratan ACI 318 Bab 10 dan Bab 11. Kecuali kekuatan lebih tinggi dibuktikan dengan siklus pengujian, tumpuan nominal dan kekuatan friksi geser harus dikurangi sebesar 25 % untuk sistem seismik komposit yang dijelaskan Pasal G3, H2, H3, H5 dan H6.
- (3) *Pelat tumpuan muka* yang terdiri dari pengaku antara sayap balok baja harus disediakan bila balok ditanam pada kolom beton bertulang atau dinding.
- (4) *Kekuatan geser nominal* zona panel baja terbungkus beton pada sambungan balok-ke-kolom harus dihitung sebagai jumlah dari *kekuatan nominal* baja struktural dan elemen geser beton bertulang terkekang seperti ditentukan pada Pasal E3.6e dan ACI 318 Pasal 21.7.
- (5) Penulangan harus disediakan untuk menahan semua gaya tarik komponen beton bertulang dari sambungan. Tambahan, beton harus dikekang dengan tulangan transversal. Semua penulangan harus disalurkan secara penuh dalam tarik atau tekan, yang sesuai, melampaui titik dimana tulangan tidak lagi diperlukan untuk menahan gaya. Panjang penyaluran harus ditentukan sesuai dengan ACI 318 Bab 12. Tambahan, panjang penyaluran untuk sistem dijelaskan pada Pasal-pasal G3, H2, H3, H5 dan H6 harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.7.5.
- (6) Sambungan komposit harus memenuhi persyaratan tambahan yang berikut:
 - (i) Apabila pelat menyalurkan gaya diafragma horizontal, tulangan pelat harus dirancang dan diangkurkan untuk menahan gaya tarik pada bidang di semua penampang kritis dalam pelat, termasuk sambungan pada balok *kolektor*, kolom-kolom, *breis-breis* diagonal dan dinding-dinding.
 - (ii) Untuk sambungan antara baja struktural atau *balok komposit* dan beton bertulang atau kolom komposit terbungkus beton, tulangan sengkang tertutup transversal harus disediakan pada daerah sambungan kolom yang memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.7, kecuali untuk modifikasi yang berikut:

- (1) Profil baja struktural yang merangka ke dalam sambungan diperhitungkan memberi pengekangan sepanjang lebar sama dengan yang dari pelat penumpu muka di las ke balok antara sayap.
- (2) Sambungan lewatan diizinkan untuk perimeter sengkang pada kolom bila pengekang sambungan dipersiapkan dengan pelat penumpu muka atau lainnya untuk mencegah keretakan selimut beton pada sistem di Pasal-pasal G1, G2, H1 dan H4.
- (3) Ukuran batang tulangan longitudinal dan tata letak dalam beton bertulang dan kolom komposit harus didetail untuk memperkecil slip pada batang tulangan melalui sambungan balok-ke-kolom akibat gaya yang tinggi disalurkan sesuai dengan perubahan dalam momen kolom disepanjang tinggi sambungan.

8. Angkur Baja

Apabila angkur paku geser berkepala baja atau angkur batang yang memperkuat lasan adalah merupakan bagian dari SPGS menengah atau SPGS khusus Pasal G2, G3, G4, H2, H3, H5, dan H6, kekuatan geser dan kekuatan tariknya harus dikurangi 25 % dari kekuatan yang disyaratkan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab I.

Catatan: Pengurangan sebesar 25 % tidak perlu untuk komponen gravitas dan komponen kolektor pada struktur dengan *sistem penahan gaya seismik* menengah atau khusus yang dirancang untuk beban seismik teramplifikasi.

D3. DEFORMASI KOMPATIBILITAS KOMPONEN STRUKTUR NON-SISTEM PENAHAN GAYA SEISMIK (NON-SPGS) DAN SAMBUNGAN

Bila deformasi kompatibilitas komponen struktur dan sambungan bukan merupakan bagian dari *Sistem Penahan Gaya Seismik* (SPGS) yang disyaratkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, elemen-elemen ini harus dirancang untuk menahan kombinasi efek beban gravitas dan efek deformasi yang terjadi pada *simpangan tingkat desain* yang dihitung menurut peraturan bangunan gedung yang berlaku.

Catatan: ASCE/SEI 7 menetapkan persyaratan diatas untuk baja struktural dan komponen struktur komposit dan sambungan. Sambungan geser fleksibel yang memungkinkan rotasi ujung komponen struktur dengan Pasal J1.2 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* harus diperhitungkan memenuhi persyaratan ini. Deformasi inelastik diizinkan pada sambungan atau komponen struktur yang bisa memberi batasan deformasi inelastis dan tidak membuat ketidakstabilan pada komponen struktur. Lihat penjelasan untuk diskusi lebih lanjut.

D4. TIANG H

1. Persyaratan Desain

Desain tiang H harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dengan memperhatikan desain komponen struktur yang menahan kombinasi beban. Tiang H harus memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail tinggi* Pasal D1.1.

2. Tiang H Miring

Jika tiang miring dan tiang vertikal digunakan pada kelompok tiang, tiang vertikal harus dirancang untuk mendukung pengaruh kombinasi beban mati dan beban hidup tanpa partisipasi tiang miring.

3. Gaya Tarik

Gaya tarik pada setiap tiang harus disalurkan ke kepala tiang dengan cara mekanikal seperti kunci geser, batang tulangan atau paku geser yang di las ke bagian yang tertanam dari tiang.

4. Zona Terlindung

Pada setiap tiang, panjangnya sama dengan kedalaman dari profil melintang tiang yang berada secara langsung di bagian bawah kepala tiang harus ditunjuk sebagai *zona terlindung* yang memenuhi persyaratan Pasal D1.3 dan I2.1.



BAB E

SISTEM RANGKA-MOMEN

Bab ini membahas dasar desain, persyaratan untuk analisis, dan persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk sistem rangka-momen baja.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- E1. Rangka Momen Biasa (RMB)
- E2. Rangka Momen Menengah (RMM)
- E3. Rangka Momen Khusus (RMK)
- E4. Rangka-Batang Momen Khusus (RMRBK)
- E5. Sistem Kolom Kantilever Biasa (SKKB)
- E6. Sistem Kolom Kantilever Khusus (SKKK)

Catatan: Persyaratan bab ini adalah sebagai tambahan yang disyaratkan oleh *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

E1. RANGKA MOMEN BIASA

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Biasa (RMB) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Rangka Momen Biasa (RMB) yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis minimal dalam komponen struktur dan sambungannya.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan analisis tambahan.

4. Persyaratan Sistem

Tidak ada persyaratan analisis tambahan.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Tidak ada pembatasan rasio lebar-terhadap-tebal komponen struktur untuk RMB, di luar yang di *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Tidak ada persyaratan untuk bresing stabilitas dari balok atau joint dalam RMB, di luar yang di *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Balok-balok baja struktural dalam RMB boleh komposit dengan pelat beton bertulang untuk menahan beban gravitasi.

5b. Zona Terlindung

Untuk komponen struktur RMB tidak ada zona terlindung.

6. Sambungan

Sambungan balok-ke-kolom diizinkan Tertahan Penuh (TP) atau sambungan momen Tertahan Sebagian (TS) menurut pasal ini.

6a. Las Kritis Perlu

Las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (P JL) dari sayap balok ke kolom adalah *las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3.

6b. Sambungan Momen Tertahan Penuh (TP)

Sambungan momen TP yang merupakan bagian dari *Sistem Penahan Gaya Seismik* (SPGS) harus memenuhi paling sedikit satu dari persyaratan yang berikut:

- (a) Sambungan momen TP harus dirancang untuk *kekuatan lentur perlu* yang sama dengan kekuatan lentur balok ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau dikalikan dengan 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan lentur balok ekspektasi harus ditentukan sebesar $R_y M_p$.

Kekuatan geser perlu, V_u atau V_a , yang sesuai, dari sambungan harus berdasarkan kombinasi beban dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Dalam menentukan beban seismik teramplifikasi, efek gaya horizontal termasuk kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebagai berikut:

$$E_{mh} = 2[1,1 R_y M_p] / L_{cf} \quad (E1-1)$$

dimana

L_{cf} = panjang bersih dari balok, in. (mm)

$M_p = F_y Z$, kip-in. (N-mm)

R_y = rasio dari *tegangan leleh ekspektasi* terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y

- (b) Sambungan momen TP harus dirancang untuk kekuatan lentur perlu dan kekuatan geser perlu sama dengan momen maksimum dan sesuai geser yang dapat disalurkan ke sambungan melalui sistem tersebut, termasuk efek dari kekuatan-lebih material dan pengerasan regangan (*strain hardening*).

Catatan: Faktor yang mungkin membatasi momen maksimum dan gaya geser yang sesuai, yang dapat disalurkan ke sambungan mencakup:

- (1) kekuatan kolom, dan
- (2) ketahanan fondasi terhadap gaya angkat (*uplift*)

Untuk pilihan (a) dan (b) dalam Pasal E1.6b, *pelat penerus* harus disediakan seperti disyaratkan oleh Pasal J10.1, J10.2 dan J10.3 dari *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Momen lentur yang digunakan untuk memeriksa pelat penerus harus momen lentur yang sama yang digunakan untuk merancang sambungan balok-ke-kolom; dengan kata lain, $1,1 R_y M_p$ (DFBK) atau $(1,1/1,5) R_y M_p$ (DKI) atau momen maksimum yang dapat disalurkan ke sambungan melalui sistem.

- (c) Sambungan momen TP antara balok sayap lebar dan sayap dari kolom sayap lebar harus memenuhi persyaratan Pasal E2.6 atau Pasal E3.6, atau harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Semua las pada sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi persyaratan Bab 3 ANSI/AISC 358.
- (2) Sayap balok harus disambung ke sayap kolom menggunakan las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (PJL).
- (3) Bentuk lubang akses las harus menurut subpasal 6.10.1.2 AWS D1.8/D1.8M. Persyaratan kualitas lubang akses las harus menurut subpasal 6.10.2 AWS D1.8/D1.8M.
- (4) Pelat penerus harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6f.

Pengecualian: joint-joint yang dilakukan dengan las dari pelat penerus ke sayap-sayap kolom boleh menggunakan las tumpul Penetrasi Joint Lengkap, las tumpul Penetrasi Joint Sebagian di kedua sisi, atau las sudut di kedua sisi. *Kekuatan perlu* joint-joint ini tidak boleh kurang dari *kekuatan tersedia* daerah kontak dari pelat dengan sayap kolom tersebut.

- (5) Badan balok harus disambungkan ke sayap kolom dengan menggunakan las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (PJL) yang diperluas antara lubang-lubang akses las, atau menggunakan sambungan geser pelat tunggal yang dilakukan dengan baut dirancang untuk kekuatan geser perlu dengan Persamaan E1-1.

Catatan: Untuk sambungan momen Tertahan Penuh (TP), kekuatan geser zona panel harus diperiksa menurut Pasal J10.6 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (AISC 360-2010). Kekuatan geser perlu dari zona panel harus berdasarkan momen-momen ujung balok yang dihitung dari kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tidak termasuk beban seismik teramplifikasi.

6c. Sambungan Momen Tertahan Sebagian (TS)

Sambungan momen TS harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Sambungan harus dirancang untuk momen dan geser maksimum dari kombinasi beban yang berlaku seperti dijelaskan dalam Pasal B2 dan B3.
- (2) Kekakuan, kekuatan dan kapasitas deformasi sambungan momen TS harus diperhitungkan dalam perancangan, termasuk efek stabilitas rangka keseluruhan.
- (3) Kekuatan lentur nominal dari sambungan, $M_{n,PR}$ tidak boleh kurang dari 50 % dari M_p balok yang tersambung.

Pengecualian : Untuk struktur satu tingkat, $M_{n,PR}$ tidak boleh kurang dari 50 % dari M_p kolom yang tersambung.

- (4) V_u atau V_a yang sesuai, harus ditentukan melalui Pasal E1.6b(a) dengan M_p dalam Persamaan E1-1 diambil sebesar $M_{n,PR}$.

E2. RANGKA MOMEN MENENGAH (RMM)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Menengah (RMM) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

RMM yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastik terbatas melalui pelelehan lentur dari balok dan kolom RMM, dan pelelehan geser dari zona panel kolom. Desain sambungan dari balok ke kolom, termasuk zona panel dan *pelat penerus*, harus berdasarkan uji sambungan yang memberi kinerja yang disyaratkan oleh Pasal E2.6b, dan kesesuaian ini dibuktikan seperti disyaratkan oleh Pasal E2.6c.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan analisis tambahan.

4. Persyaratan Sistem

4a. Breising Stabilitas Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail sedang* dalam Pasal D1.2a.

Sebagai tambahan, kecuali dinyatakan lain melalui pengujian, breis balok harus ditempatkan berdekatan dengan gaya terpusat, perubahan dalam penampang melintang, dan lokasi-lokasi lainnya dimana analisis menunjukkan bahwa *sendi plastis* akan terbentuk selama deformasi inelastik RMM. Penempatan breising stabilitas harus konsisten dengan yang didokumen untuk *sambungan teruji* yang dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau dinyatakan lain seperti ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau pada program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Kekuatan perlu dari breising lateral yang disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus seperti yang disyaratkan Pasal D1.2c.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur balok dan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1 untuk komponen struktur daktail sedang, kecuali dinyatakan memenuhi syarat oleh pengujian.

Balok baja struktural dalam RMM boleh komposit dengan pelat beton bertulang untuk menahan beban gravitasi.

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak pada daerah sayap balok tidak boleh dalam daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pengurangan lebar sayap balok tidak diizinkan kecuali pengujian atau kualifikasi membuktikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan dapat mengembangkan sendi plastis stabil untuk mengakomodasi *sudut*

simpangan tingkat yang disyaratkan. Konfigurasi harus konsisten dengan sambungan teruji yang dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung dari balok yang menahan regangan inelastik harus dirancang sebagai *zona terlindung*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Luas zona terlindung harus seperti ditetapkan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan: zona sendi plastis pada ujung-ujung balok RMM harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Zona sendi plastis harus ditetapkan sebagai bagian dari teruji atau program kualifikasi untuk sambungan, melalui Pasal E2.6c. Pada umumnya, untuk sambungan tanpa tulangan, zona terlindung harus diperpanjang dari muka kolom ke setengah dari tinggi balok diluar titik sendi plastis.

6. Sambungan

6a. Las Kritis-Perlu

Las-las berikut adalah las-las kritis yang diperlukan, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las-las tumpul pada sambungan kolom.
- (2) Las-las pada sambungan pelat dasar ke kolom.

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik neto akibat kombinasi beban termasuk *beban seismik teramplifikasi*, las kritis-perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las-las tumpul penetrasi joint lengkap dari sayap-sayap balok dan badan balok ke kolom, kecuali dengan cara lain dijelaskan oleh ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan: Untuk penunjukkan *las kritis-perlu*, standar ANSI/AISC 358 dan pengujian-pengujian yang membahas sambungan spesifik dan joint-joint harus digunakan sebagai pengganti dari istilah-istilah umum ketentuan-ketentuan ini. Bila ketentuan-ketentuan ini menunjukkan bahwa las utama yang ditetapkan kritis diperlukan, tetapi standar spesifik lebih atau pengujian tidak dilakukan seperti yang dijelaskan, standar spesifik lebih atau pengujian yang harus menentukan. Demikian juga, standar dan pengujian ini boleh menunjukkan las sebagai kritis diperlukan tidak teridentifikasi oleh standar ini.

6b. Persyaratan Sambungan Balok-ke-Kolom

Sambungan balok-ke-kolom yang digunakan dalam Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS) harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Sambungan harus mampu mengakomodasi sudut simpangan tingkat paling sedikit 0,02 rad.

- (2) *Ketahanan lentur yang diukur* dari sambungan, ditentukan pada muka kolom, harus paling sedikit sama dengan $0,80 M_p$ dari balok yang disambung pada sudut simpangan tingkat sebesar 0,02 rad.

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok-ke-kolom yang digunakan dalam SPGS harus memenuhi persyaratan pada Pasal E2.6b dengan satu dari yang berikut:

- (a) Penggunaan sambungan RMM dirancang menurut ANSI/AISC 358.
- (b) Penggunaan prakualifikasi sambungan untuk RMM menurut Pasal K1.
- (c) Ketentuan hasil uji siklus kualifikasi menurut Pasal K2. Hasil dari paling sedikit pengujian sambungan dua siklus harus disediakan dan boleh berdasarkan satu dari yang berikut:
 - (i) Pengujian-pengujian dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian-pengujian yang didokumentasi dilakukan untuk proyek-proyek lainnya yang memperlihatkan kondisi-kondisi proyek, dalam batas yang disyaratkan dalam Pasal K2.
 - (ii) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek dan ukuran-ukuran komponen struktur proyek yang diwakili, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses sambungan yang sesuai, dalam batas yang disyaratkan dalam Pasal K2.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dari sambungan harus berdasarkan kombinasi beban dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku*, termasuk beban seismik teramplifikasi. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek gaya horizontal termasuk kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebesar:

$$E_{mh} = 2[1,1 R_y M_p]/L_h \quad (E2-1)$$

dimana

L_h = jarak antara lokasi sendi plastis balok seperti dijelaskan dalam laporan uji atau ANSI/AISC 358, in. (mm)

$M_p = F_y Z$ = kekuatan lentur plastis nominal, kip-in. (N-mm)

R_y = rasio dari *tegangan leleh ekspektasi* terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y

Pengecualian: Sebagai pengganti Persamaan E2-1, kekuatan geser perlu dari sambungan harus seperti disyaratkan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

6e. Zona Panel

Persyaratan zona panel tambahan tidak ada.

Catatan: Kekuatan geser zona panel harus diperiksa menurut Pasal J10.6 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Kekuatan geser perlu dari zona panel harus berdasarkan momen ujung balok yang dihitung dari beban kombinasi yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tidak termasuk beban seismik teramplifikasi.

6f. Pelat Penerus

Pelat penerus harus disediakan sesuai dengan ketentuan Pasal E3.6f.

6g. Sambungan Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las digunakan untuk membuat sambungan, las yang digunakan harus las tumpul penetrasi joint lengkap.

Apabila sambungan menggunakan baut, maka sambungan harus memiliki *kekuatan lentur perlu* yang paling sedikit sama dengan $R_y F_y Z_x$ (DFBK) atau $R_y F_y Z_x / 1,5$ (DKI), yang sesuai, dari kolom terkecil, di mana Z_x adalah modulus penampang plastis di sumbu x. Kekuatan geser perlu dari sambungan badan kolom harus paling sedikit sama dengan $(\sum M_{pc}) / H$ (DFBK) atau $\sum M_{pc} / 1,5 H$ (DKI), yang sesuai, dimana $\sum M_{pc}$ adalah jumlah dari kekuatan lentur plastis nominal dari kolom diatas dan dibawah sambungan.

Pengecualian: Kekuatan perlu dari sambungan kolom yang diperhitungkan sesuai faktor konsentrasi tegangan atau faktor intensitas tegangan mekanis retak tidak perlu melampaui yang ditentukan oleh analisis non-linier seperti yang disyaratkan dalam Bab C.

E3. RANGKA MOMEN KHUSUS

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Khusus (RMK) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

RMK yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan melalui pelelehan lentur balok RMK dan pelelehan terbatas zona panel kolom. Kecuali di mana dengan cara lain diizinkan dalam pasal ini, kolom harus dirancang lebih kuat dari pelelehan penuh dan pengerasan regangan penuh balok atau gelagar. Pelelehan lentur dari kolom pada dasar diizinkan. Desain sambungan dari balok ke kolom, termasuk zona panel dan *pelat penerus*, harus berdasarkan pada uji sambungan yang memberi kinerja yang disyaratkan Pasal E3.6b, dan pembuktian kesesuaian seperti disyaratkan oleh Pasal E3.6c.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rasio Momen

Hubungan yang berikut harus dipenuhi pada sambungan balok-ke kolom:

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1,0 \quad (\text{E3-1})$$

dimana

$\sum M_{pc}^*$ = jumlah dari proyeksi kekuatan lentur nominal kolom (termasuk voute bila digunakan) diatas dan dibawah joint pada garis sumbu balok dengan reduksi untuk gaya aksial dalam kolom. Diizinkan untuk menentukan $\sum M_{pc}^*$ sebagai berikut:

$$\sum M_{pc}^* = \sum Z_c (F_{yc} - P_{uc}/A_g) (\text{DFBK}) \quad (\text{E3-2a})$$

atau

$$\sum M_{pc}^* = \sum Z_c (F_{yc} - 1,5P_{ac}/A_g) (\text{DKI}), \quad (\text{E3-2b})$$

yang sesuai.

Apabila garis sumbu dari balok, berlawanan pada joint yang sama, tidak sesuai, garis tengah antara sumbu harus digunakan.

$\sum M_{pb}^*$ = jumlah dari proyeksi kekuatan lentur ekspektasi dari balok pada lokasi *sendi plastis* pada sumbu kolom. Diizinkan untuk menentukan $\sum M_{pb}^*$ sebagai berikut:

$$\sum M_{pb}^* = \sum (1,1R_y F_{yb} Z_b + M_{uv}) (\text{DFBK}) \quad (\text{E3-3a})$$

atau

$$\sum M_{pb}^* = \sum (1,1R_y F_{yb} Z_b + 1,5M_{av}) (\text{DKI}), \quad (\text{E3-3b})$$

yang sesuai.

Alternatif, hal ini diizinkan untuk menentukan $\sum M_{pb}^*$ konsisten dengan perancangan *sambungan teruji* seperti dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam program uji kualifikasi menurut Pasal K2. Apabila sambungan dengan *penampang balok tereduksi* yang digunakan, hal ini diijinkan untuk menentukan $\sum M_{pb}^*$ sebagai berikut:

$$\sum M_{pb}^* = \sum (1,1R_y F_{yb} Z_{RBS} + M_{uv}) (\text{DFBK}) \quad (\text{E3-4a})$$

atau

$$\sum M_{pb}^* = \sum (1,1 R_y F_{yb} Z_{RBS} + 1,5 M_{av}) (DKI), \quad (E3-4b)$$

yang sesuai.

A_g = luas kolom bruto, in.² (mm²)

F_{yb} = tegangan leleh balok minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

F_{yc} = tegangan leleh kolom minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

M_{av} = momen tambahan akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis pada sumbu kolom berdasarkan *kombinasi beban DKI*, kip-in. (N-mm)

M_{uv} = momen tambahan akibat amplifikasi geser dari lokasi sendi plastis pada sumbu kolom berdasarkan *kombinasi beban DFBK*, kip-in. (N-mm)

P_{ac} = kekuatan tekan perlu dengan menggunakan kombinasi beban DKI, termasuk *beban seismik teramplifikasi*, kips (N)

P_{uc} = kekuatan tekan perlu dengan menggunakan kombinasi beban DFBK, termasuk beban seismik teramplifikasi, kips (N)

Z_b = modulus penampang plastis balok, in.³ (mm³)

Z_c = modulus penampang plastis kolom, in.³ (mm³)

Z_{RBS} = modulus penampang plastis minimum pada penampang balok tereduksi, in.³ (mm³)

Pengecualian: Persyaratan ini tidak boleh diterapkan jika kondisi pada (a) atau (b) dipenuhi.

(a) Kolom dengan $P_{rc} < 0,3 P_c$ untuk semua kombinasi beban selain dari yang ditentukan dengan menggunakan *beban seismik teramplifikasi* memenuhi salah satu dari yang berikut:

- (i) Kolom digunakan pada bangunan gedung tingkat satu atau tingkat paling atas dari bangunan gedung bertingkat banyak.
- (ii) Kolom dimana: (1) jumlah *kekuatan geser tersedia* dari semua kolom yang *dikecualikan* dalam tingkat yang kecil dari 20 % dari jumlah kekuatan geser tersedia dari semua kolom rangka momen pada tingkat ini bekerja pada arah yang sama; dan (2) jumlah kekuatan geser tersedia dari semua kolom yang *dikecualikan* pada setiap deretan kolom rangka momen dalam tingkat yang kurang dari 33 % dari kekuatan geser tersedia dari semua kolom rangka momen pada deretan kolom. Untuk tujuan pengecualian ini, deretan kolom yang didefinisikan sebagai deretan tunggal kolom atau deretan

sejajar kolom-kolom yang terletak di 10 % dari dimensi rencana yang tegak lurus deretan kolom.

Catatan: Untuk tujuan pengecualian ini, kekuatan geser yang tersedia dari kolom harus dihitung sebagai kekuatan batas yang memperhitungkan kekuatan lentur pada setiap ujung yang dibatasi oleh kekuatan lentur balok yang menerima beban, atau kekuatan lentur kolom itu sendiri, dibagi dengan H , dimana H adalah tinggi tingkat dalam inci (mm).

Kekuatan tekan nominal, P_c , harus

$$P_c = F_{yc} A_g \text{ (DFBK)} \quad (\text{E3-5a})$$

atau

$$P_c = F_{yc} A_g / 1,5 \text{ (DKI)} \quad (\text{E3-5b})$$

dan $P_{rc} = P_{uc}$, (DFBK), atau $P_{rc} = P_{ac}$, yang sesuai

- (b) Kolom dalam setiap tingkat memiliki rasio kekuatan geser tersedia terhadap *kekuatan geser perlu* yaitu 50 % lebih besar dari tingkat di atasnya.

4b. Breising Stabilitas dari Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail tinggi* dalam Pasal D1.2b.

Sebagai tambahan, kecuali dengan cara lain ditunjukkan melalui pengujian, breis balok harus berada berdekatan dengan gaya terpusat, perubahan dalam penampang melintang, dan lokasi-lokasi lainnya dimana analisis menunjukkan bahwa sendi plastis harus terbentuk selama deformasi inelastik RMK. Penempatan breising lateral harus konsisten dengan yang didokumen untuk sambungan teruji yang dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau seperti yang ditentukan sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam program pengujian kualifikasi menurut Pasal K2.

Kekuatan perlu breising stabilitas yang tersedia yang berdekatan dengan sendi plastis harus seperti yang disyaratkan Pasal D1.2c.

4c. Breising Stabilitas pada Sambungan Balok-ke-Kolom

(1) Sambungan Terbreis

Apabila badan dari balok dan kolom adalah sebidang, dan kolom terbukti tetap elastis di luar dari zona panel, sayap kolom pada sambungan balok-ke-kolom hanya memerlukan breising stabilitas pada level sayap paling atas dari balok. Diizinkan mengasumsikan bahwa kolom tetap elastis bila rasio dihitung menggunakan Persamaan E3-1 lebih besar dari 2,0.

Apabila suatu kolom tidak dapat ditampilkan tetap elastis di luar dari zona panel, persyaratan yang berikut harus diterapkan:

- (1) Sayap kolom harus terbreis lateral pada level sayap balok paling atas dan paling bawah. Breising stabilitas diizinkan ada pada salah satu, langsung atau tidak langsung.

Catatan: Breising stabilitas langsung sayap kolom yang dicapai melalui penggunaan dari *breis komponen struktur* atau komponen struktur lainnya, dek dan pelat, dibebankan pada sayap kolom atau dekat titik breising yang diinginkan untuk menahan tekuk lateral. Breising stabilitas tidak langsung yang mengacu pada breising yang dicapai melalui kekakuan komponen struktur dan sambungan yang tidak langsung dibebankan pada sayap kolom, melainkan bekerja melalui badan kolom atau pelat pengaku.

- (2) Setiap breis komponen struktur sayap-kolom harus dirancang untuk kekuatan perlu yang sama dengan 2 % dari kekuatan sayap balok yang tersedia $F_y b_f t_{bf}$ (DFBK) atau $F_y b_f t_{bf} / 1,5$ (DKI), yang sesuai.

(2) Sambungan tidak terbreis

Kolom yang memiliki sambungan balok-ke-kolom dengan tanpa breising komponen struktur yang tegak lurus rangka seismik pada sambungan harus dirancang dengan menggunakan jarak antara breis komponen struktur yang berdekatan sebagai tinggi kolom untuk tekuk tegak lurus pada rangka seismik dan harus sesuai dengan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab H, kecuali bahwa:

- (1) Kekuatan kolom perlu harus ditentukan dari kombinasi beban dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup beban seismik teramplifikasi. Dalam penentuan efek beban seismik teramplifikasi dari gaya-gaya horizontal yang mencakup kuat-lebih, E_{mh} , tidak perlu melampaui 125 % dari *kekuatan tersedia* rangka berdasarkan *kekuatan lentur tersedia* balok atau *kekuatan geser tersedia* zona panel.
- (2) Kelangsingan L/r untuk kolom tidak boleh melampaui 60, dimana
 L = panjang kolom, in. (mm)
 r = radius girasi penentu, in. (mm)
- (3) *Kekuatan lentur perlu* kolom yang tegak lurus rangka seismik harus mencakup momen yang diakibatkan oleh aplikasi dari gaya sayap balok yang disyaratkan Pasal E3.4c(1)(2) selain momen orde ke dua akibat hasil perpindahan lateral sayap kolom.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur balok dan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi, kecuali dinyatakan lolos uji.

Balok baja struktural pada Rangka Momen Khusus (RMK) boleh komposit dengan pelat beton bertulang untuk menahan beban gravitasi.

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak pada daerah sayap balok tidak diperbolehkan dalam daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pengurangan lebar sayap balok

tidak diizinkan kecuali pengujian atau kualifikasi membuktikan bahwa hasil konfigurasi dapat menyalurkan sendi plastis stabil untuk mengakomodasi *sudut simpangan tingkat* yang diperlukan. Konfigurasi harus konsisten dengan suatu sambungan teruji yang dijelaskan dalam ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam suatu program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung dari balok yang menahan regangan inelastik harus dirancang sebagai suatu *zona terlindung*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Luas zona terlindung harus seperti dijelaskan ANSI/AISC 358, atau dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam suatu program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan: Zona sendi plastis pada ujung-ujung balok RMK harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Zona sendi plastis harus ditetapkan seperti bagian dari suatu sambungan teruji atau program kualifikasi untuk sambungan, melalui Pasal E3.6c. Pada umumnya, untuk sambungan tanpa tulangan, zona terlindung harus diperpanjang dari muka kolom ke setengah dari ketinggian balok diluar titik sendi plastis.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las-las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan dari Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las-las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las-las pada sambungan pelat dasar ke kolom

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik neto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik teramplifikasi, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las tumpul penetrasi joint lengkap sayap balok dan badan balok ke kolom, kecuali dengan cara lain dirancang dengan ANSI/AISC 358 atau ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

Catatan: Untuk kebutuhan *las kritis perlu*, standar seperti ANSI/AISC 358 dan pengujian-pengujian untuk sambungan dan joint khusus harus digunakan sebagai pengganti dari standar ini. Bila standar ini menunjukkan bahwa suatu las tertentu adalah kritis diperlukan, tetapi standar atau pengujian yang lebih spesifik tidak menunjukkannya, maka standar atau pengujian yang lebih spesifiklah yang menentukan. Demikian juga, bila standar dan pengujian ini dapat menunjukkan las sebagai kritis diperlukan tidak teridentifikasi oleh Standar ini.

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Sambungan balok-ke-kolom yang digunakan pada *Sistem Penahan Gaya Seismik* (SPGS) harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Sambungan harus mampu mengakomodasi *sudut simpangan tingkat* paling sedikit sebesar 0,04 rad.

- (2) *Ketahanan lentur yang diukur* dari sambungan, ditentukan pada muka kolom, paling sedikit sama dengan $0,80M_p$ dari balok yang disambung pada sudut simpangan tingkat 0,04 rad.

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok-ke-kolom yang digunakan pada SPGS harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6b dengan satu dari yang berikut:

- (a) Penggunaan sambungan *Rangka Momen Khusus* (RMK) dirancang menurut ANSI/AISC 358.
- (b) Penggunaan sambungan teruji untuk RMK menurut Pasal K1.
- (c) Ketentuan hasil uji siklus kualifikasi menurut Pasal K2. Hasil dari paling sedikit dua siklus uji sambungan harus tersedia dan harus berdasarkan satu dari yang berikut:
 - (i) Pengujian dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian terdokumentasi dilakukan untuk proyek lain yang mewakili kondisi proyek, di dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.
 - (ii) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek dan yang mewakili ukuran komponen struktur proyek, kekuatan bahan, konfigurasi sambungan, dan proses sambungan yang sesuai, di dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dari sambungan harus berdasarkan pada kombinasi beban dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku yang mencakup beban seismik teramplifikasi. Pada penentuan beban seismik teramplifikasi, efek dari gaya horizontal yang mencakup kekuatan lebih, E_{mh} , harus diambil sebesar:

$$E_{mh} = 2[1,1R_y M_p] / L_h \quad (E3-6)$$

dimana

- L_h = jarak antara lokasi sendi plastis seperti dijelaskan dalam laporan uji atau ANSI/AISC 358, in. (mm)
- M_p = kekuatan lentur plastis nominal, kip-in. (N-mm)
- R_y = rasio dari *tegangan leleh ekspektasi* terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan, F_y

Pengecualian: Sebagai pengganti Persamaan E3-6, kekuatan geser perlu dari sambungan harus seperti yang disyaratkan dalam ANSI/AISC 358, atau seperti dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau dalam program uji kualifikasi menurut Pasal K2.

6e. Zona Panel

(1) Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dari zona panel harus ditentukan dari penjumlahan momen pada muka kolom seperti ditentukan dengan melakukan perancangan momen yang diharapkan pada titik sendi plastis pada muka-muka kolom. *Kekuatan geser desain* harus $\phi_v R_n$ dan *kekuatan geser tersedia* harus R_n/Ω_v dimana

$$\phi_v = 1,0 \text{ (DFBK)} \quad \Omega_v = 1,50 \text{ (DKI)}$$

dan *kekuatan geser nominal*, R_n , menurut kondisi batas dari pelelehan geser, ditentukan seperti disyaratkan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal J10.6.

Alternatif, ketebalan perlu zona panel harus ditentukan menurut metoda yang digunakan dalam memproporsikan zona panel yang diuji atau sambungan teruji.

(2) Tebal Zona panel

Ketebalan masing-masing, t , dari badan kolom dan pelat pengganda, jika digunakan, harus sesuai dengan persyaratan yang berikut:

$$t \geq (d_z + w_z)/90 \quad (\text{E3-7})$$

dimana

$d_z = d - 2t_f$ dari balok tinggi pada sambungan, in. (mm)

t = tebal badan kolom atau pelat pengganda, in. (mm)

w_z = lebar dari zona panel antara sayap kolom, in. (mm)

Alternatif, apabila tekuk setempat badan kolom dan pelat pengganda dicegah dengan menggunakan las pengisi yang menghubungkan mereka, dan dilakukan dengan membagi pelat sesuai dengan Persamaan E3-7, total ketebalan zona panel harus memenuhi E3-7. Apabila las pengisi diperlukan, minimum dari empat las pengisi harus disediakan.

(3) Zona panel pelat pengganda

Pelat pengganda harus diterapkan secara langsung pada badan kolom, bila badan tidak sesuai dengan Pasal E3.6e(2). Dengan cara lain, pelat pengganda boleh diterapkan secara langsung pada badan kolom, atau diberi jarak sepanjang dari badan.

- (1) Pelat pengganda pada kontak dengan badan
Pelat pengganda harus dilas pada sayap kolom untuk menyalurkan kekuatan tersedia dari ketebalan penuh pelat pengganda, dengan menggunakan las tumpul penetrasi joint lengkap atau joint las sudut. Apabila pelat penerus tidak digunakan, pelat pengganda harus dilas sudut melalui bagian atas dan bawah untuk menyalurkan proporsi gaya total yang disalurkan ke pelat pengganda, kecuali pelat pengganda dan badan memenuhi Pasal E3.6e(2).
- (2) Pelat pengganda berspasi

Pelat pengganda harus dilas ke sayap-sayap kolom untuk menyalurkan kekuatan tersedia dari ketebalan pelat pengganda penuh, dengan menggunakan joint las tumpul penetrasi joint lengkap. Pelat-pelat harus ditempatkan secara simetris dalam sepasang-sepasang dan ditempatkan antara 1/3 dan 2/3 dari jarak antara ujung sayap balok dan tengah kolom.

(3) Pelat pengganda yang digunakan dengan pelat penerus

Setiap pelat pengganda harus dilas ke pelat penerus untuk menyalurkan proporsi dari total gaya yang disalurkan ke pelat pengganda.

(4) Pelat pengganda yang digunakan tanpa pelat penerus

Apabila pelat penerus tidak digunakan, pelat pengganda harus diteruskan minimum 6 in. (150 mm) di atas dan di bawah dari bagian atas dan bagian bawah dari balok rangka momen lebih tinggi

Catatan: Apabila pelat pengganda bertentangan dengan yang menghubungkan pelat penerus secara langsung pada badan kolom, perancang harus menyediakan alur beban yang memenuhi persyaratan ANSI/AISC 358 Pasal 2.4.4b. Ini dapat dicapai dengan ukuran pelat pengganda sedemikian sehingga mampu menyalurkan kekuatan perlu dari pelat penerus ke sambungan badan kolom. Alternatif, pelat pengganda dapat dihentikan di sisi pelat penerus. Alur beban semacam ini harus disediakan bila pelat badan untuk balok tegak lurus pada badan kolom yang disambungkan ke pelat pengganda.

6f. Pelat Penerus

(1) **Persyaratan Pelat Penerus**

Pelat penerus harus disediakan dengan pengecualian dari kondisi yang berikut:

- (1) Apabila dengan cara lain ditentukan dalam sambungan teruji menurut Pasal K1, atau seperti ditentukan dalam program uji kualifikasi menurut Pasal K2.
- (2) Apabila sayap balok dilas ke sayap dari kolom profil I sayap-lebar atau kolom profil I tersusun yang memiliki ketebalan yang memenuhi Persamaan E3-8 dan E3-9, pelat penerus tidak perlu disediakan:

$$t_{cf} \geq 0,4 \sqrt{1,8 b_{bf} t_{bf} \frac{R_{yb} F_{yb}}{R_{yc} F_{yc}}} \quad (E3-8)$$

$$t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6} \quad (E3-9)$$

dimana

F_{yb} = tegangan leleh sayap balok minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

F_{yc} = tegangan leleh sayap kolom minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

R_{yb} = rasio tegangan leleh material balok yang diharapkan terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan

- R_{yc} = rasio tegangan leleh material kolom yang diharapkan terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan
 b_{bf} = lebar sayap balok, in. (mm)
 t_{bf} = ketebalan sayap balok, in. (mm)
 t_{cf} = tebal perlu minimum sayap kolom apabila tanpa pelat penerus disediakan, in. (mm)

- (3) Apabila sayap balok dilas ke sayap dari profil I pada kolom lebar-sayap kotak yang memiliki ketebalan memenuhi Persamaan E3-10 dan E3-11, pelat penerus tidak perlu disediakan.

$$t_{cf} \geq 0,4 \sqrt{\left[1 - \frac{b_{bf}}{b_{cf}^2} \left(b_{cf} - \frac{b_{bf}}{4} \right) \right] 1,8 b_{bf} t_{bf} \frac{F_{yb} R_{yb}}{F_{yc} R_{yc}}} \quad (\text{E3-10})$$

$$t_{cf} \geq \frac{b_f}{12} \quad (\text{E3-11})$$

- (4) Untuk sambungan yang dilakukan dengan baut, ketentuan pelat penerus dari ANSI/AISC 358 untuk tipe sambungan khusus harus diterapkan.

(2) Ketebalan Pelat Penerus

Apabila pelat penerus diperlukan, ketebalan pelat harus ditentukan sebagai berikut:

- Untuk sambungan di satu sisi, tebal pelat penerus harus paling sedikit setengah dari tebal sayap balok.
- Untuk sambungan di dua sisi, tebal pelat penerus harus paling sedikit sama dengan tebal dari dua sayap balok pada salah satu sisi kolom.

Pelat penerus harus juga sesuai dengan persyaratan Pasal J10 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

(3) Pengelasan Pelat Penerus

Pelat penerus harus dilas ke sayap kolom dengan menggunakan las tumpul PJL.

Pelat penerus harus di las ke badan kolom dengan menggunakan las tumpul atau las sudut. Kekuatan perlu dari jumlah joint-joint yang di las pada pelat penerus ke badan kolom harus terkecil dari yang berikut:

- Jumlah *kekuatan desain* dalam tarik dari daerah kontak pelat penerus pada sayap kolom yang bersambungan dengan sayap balok.
- Kekuatan geser desain dari daerah kontak dari pelat dengan badan kolom.
- Kekuatan geser desain dari zona panel kolom.
- Jumlah *kekuatan leleh ekspektasi* dari sayap balok yang menyalurkan gaya ke pelat penerus.

6g. Sambungan Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las digunakan untuk membuat sambungan, las tersebut harus las tumpul penetrasi joint lengkap.

Apabila sambungan kolom dilakukan dengan menggunakan baut, sambungan harus memiliki kekuatan lentur perlu paling sedikit sama dengan $R_y F_y Z_x$ (DFBK) atau $R_y F_y Z_x / 1,5$ (DKI), yang sesuai, dari kolom terkecil. Kekuatan geser perlu dari sambungan badan kolom harus paling sedikit sama dengan $\sum M_{pc} / H$ (DFBK) atau $\sum M_{pc} / 1,5 H$ (DKI), yang sesuai, dimana $\sum M_{pc}$ adalah jumlah kekuatan lentur plastis nominal dari kolom di atas dan di bawah sambungan.

Pengecualian: Kekuatan perlu sambungan kolom yang memperhitungkan faktor tegangan terpusat yang sesuai atau faktor intensitas tegangan mekanis retak tidak perlu melebihi yang ditentukan oleh analisis nonlinier seperti yang disyaratkan dalam Bab C.

E4. RANGKA MOMEN RANGKA BATANG KHUSUS (RMRBK)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Rangka Batang Khusus (RMRBK) dari baja struktural harus memenuhi persyaratan dalam Pasal ini.

2. Dasar Desain

RMRBK dirancang menurut ketentuan ini, diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis signifikan di dalam *segmen khusus* dari rangka batang. RMRBK harus dibatasi dengan panjang bentang antara kolom tidak melampaui 65 ft (20 m) dan tinggi kolom keseluruhan tidak melampaui 6 ft (1,8 m). Kolom dan segmen rangka batang di luar segmen khusus harus dirancang untuk tetap elastis akibat gaya-gaya yang dapat dihasilkan oleh pelelehan penuh dan segmen khusus pengerasan regangan.

3. Analisis

Analisis RMRBK harus memenuhi persyaratan yang berikut.

3a. Segmen Khusus

Kekuatan geser vertikal perlu dari segmen khusus harus dihitung untuk *kombinasi beban* yang sesuai pada *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

3b. Segmen Non-Khusus

Kekuatan perlu komponen struktur segmen non-khusus dan sambungan harus dihitung berdasarkan kombinasi beban dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek dari gaya horizontal mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebagai gaya lateral perlu untuk menyalurkan *kekuatan geser vertikal ekspektasi* dari segmen khusus yang bekerja pada tengah-panjang dan dijelaskan pada Pasal E4.5b. Efek orde kedua pada simpangan desain maksimum harus dicakup.

4. Persyaratan Sistem

4a. Segmen Khusus

Setiap rangka batang horizontal yang merupakan bagian Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS) harus memiliki segmen khusus yang ditempatkan antara titik-titik di seperempat bentang rangka batang. Panjang dari segmen khusus harus antara 0,1 dan 0,5 kali panjang bentang rangka batang. Rasio tebal terhadap panjang dari panel apapun pada segmen khusus harus juga tidak melampaui 1,5 maupun tidak kurang dari 0,67.

Panel di dalam suatu segmen khusus harus merupakan semua panel *vierendeel* atau semua panel *berbreis X*; bukan kombinasi keduanya maupun penggunaan konfigurasi diagonal rangka batang lainnya adalah diizinkan. Bila komponen struktur diagonal digunakan dalam segmen khusus, komponen tersebut harus diatur dalam pola X terpisah dengan komponen struktur vertikal. Komponen struktur diagonal di dalam segmen khusus harus terbuat dari batang-batang rata gilas dengan penampang yang identik. Komponen struktur diagonal tersebut harus saling berhubungan satu sama lain pada titik persilangan. Interkoneksi harus memiliki kekuatan perlu sama dengan 0,25 kali *kekuatan tarik nominal* dari komponen struktur diagonal. Sambungan baut tidak boleh digunakan untuk komponen struktur diagonal di dalam segmen khusus.

Penyambungan komponen *chord* tidak boleh berada pada segmen khusus, juga tidak boleh berada di dalam setengah panjang panel dari ujung segmen khusus.

Kekuatan aksial perlu dari komponen struktur badan diagonal dalam segmen khusus akibat beban mati dan beban hidup di dalam segmen khusus tidak boleh melampaui $0,03 f_y A_g$ (DFBK) atau $(0,03/1,5) f_y A_g$ (DKI), yang sesuai.

4b. Breising Stabilitas Rangka Batang

Setiap sayap komponen *chord* harus terbreis lateral pada ujung segmen khusus. *Kekuatan perlu* breis lateral harus sebesar

$$P_u = 0,06 R_y F_y A_f \text{ (DFBK)} \quad (\text{E4-1a})$$

atau

$$P_u = (0,06/1,5) R_y F_y A_f \text{ (DKI)} \quad (\text{E4-1b})$$

keterangan

A_f = luas bruto sayap dari komponen struktur *chord* segmen khusus, in.² (mm²)

4c. Breising Stabilitas dari Sambungan Rangka Batang-ke-Kolom

Kolom harus terbreis lateral pada level *chord* bagian atas dan bawah dari rangka batang yang disambungkan ke kolom. Breis lateral harus memiliki kekuatan perlu dari

$$P_u = 0,02 R_y P_{nc} \text{ (DFBK)} \quad (\text{E4-2a})$$

atau

$$P_a = (0,02/1,5) R_y P_{nc} \text{ (DKI)} \quad (\text{E4-2b})$$

keterangan

P_{nc} = kekuatan tekan nominal komponen *chord* pada ujung-ujungnya, kips (N)

4d. Kekakuan Breising Stabilitas

Kekakuan breis perlu harus memenuhi ketentuan Pasal 6.2 Lampiran 6 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, dimana

$$P_r = R_y P_{nc} \text{ (DFBK)} \quad (\text{E4-3a})$$

atau

$$P_r = R_y P_{nc} / 1,5 \text{ (DKI)} \quad (\text{E4-3b})$$

keterangan

P_r = kekuatan tekan perlu, kips (N)

5. Komponen Struktur

5a. Komponen Struktur Segmen Khusus

Kekuatan geser tersedia dari segmen khusus harus dihitung sebagai jumlah kekuatan geser tersedia dari komponen *chord* akibat lentur, dan kekuatan geser sesuai dengan kekuatan tarik tersedia serta 0,3 kali kekuatan tekan tersedia dari komponen struktur diagonal, bila kekuatan geser tersebut digunakan. Komponen *chord* yang diatas dan di bawah pada segmen khusus harus dibuat dari penampang identik dan harus memberi paling sedikit 25 % dari kekuatan geser vertikal perlu.

Kekuatan tersedia, ϕP_n (DFBK) atau P_n/Ω (DKI), ditentukan menurut kondisi batas dari pelelehan tarik, harus sama dengan atau lebih besar dari 2,2 kali kekuatan perlu.

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

dimana

$$P_n = F_y A_g \quad (\text{E4-4})$$

5b. Kekuatan Geser Vertikal Ekspektasi dari Segmen Khusus

Kekuatan geser vertikal ekspektasi dari segmen khusus, V_{ne} , pada tengah-panjang, harus:

$$V_{ne} = \frac{3,60 R_y M_{nc}}{L_s} + 0,036 E I \frac{L}{L_s^3} + R_y (P_{nt} + 0,3 P_{nc}) \sin \alpha \quad (\text{E4-5})$$

keterangan

E = modulus elastisitas komponen *chord* segmen khusus, ksi (MPa)

I = momen inersia komponen *chord* segmen khusus, in.⁴ (mm⁴)

L = panjang bentang rangka batang, in. (mm)

- L_s = panjang segmen khusus, in. (mm)
 M_{nc} = kekuatan lentur nominal dari komponen *chord* segmen khusus, kip-in. (N-mm)
 P_{nt} = kekuatan tarik nominal dari komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)
 P_{nc} = kekuatan tekan nominal dari komponen struktur diagonal segmen khusus, kips (N)
 R_y = rasio dari *tegangan leleh ekspektasi* terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan
 α = sudut dari komponen struktur diagonal dengan horizontal, derajat

5c. Pembatasan Tebal terhadap Lebar

Komponen *chord* dan komponen struktur badan diagonal yang berada di segmen khusus harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1b untuk *komponen struktur daktail tinggi*. Rasio tebal terhadap lebar dari komponen struktur diagonal batang rata tidak boleh melampaui 2,5.

5d. Komponen *Chord* Tersusun

Spasi jahitan untuk komponen struktur *chord* tersusun dalam segmen khusus tidak boleh melampaui $0,04 E r_y / F_y$, dimana r_y adalah radius girasi dari masing-masing komponen pada sumbu lemah.

5e. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung dari komponen *chord* yang berada di segmen khusus harus dirancang sebagai *zona terlindung* memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Zona terlindung harus diperpanjang di sepanjang dua kali ketinggian komponen *chord* dari sambungan dengan komponen struktur badan. Komponen struktur vertikal dan komponen struktur badan diagonal dari ujung ke ujung segmen khusus harus merupakan zona terlindung.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik netto akibat kombinasi beban yang mencakup beban seismik teramplifikasi, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

6b. Sambungan Komponen Struktur Badan Diagonal pada Segmen Khusus

Ujung sambungan dari komponen struktur badan diagonal pada segmen khusus harus mempunyai kekuatan perlu yang paling sedikit sama dengan *kekuatan leleh ekspektasi* dari komponen struktur badan dikalikan dengan 1,0 (DFBK) atau dibagi dengan 1,5

(DKI), yang sesuai. Kekuatan leleh ekspektasi dari komponen struktur badan harus ditentukan sebesar $R_y F_y A_g$.

6c. Sambungan Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las digunakan untuk membuat sambungan, las tersebut harus las tumpul penetrasi joint lengkap.

Apabila sambungan kolom menggunakan baut, sambungan tersebut harus memiliki *kekuatan lentur perlu* paling sedikit sama dengan $R_y F_y Z_x$ (DFBK) atau $R_y F_y Z_x / 1,5$ (DKI), yang sesuai, dari kolom yang terkecil. *Kekuatan geser perlu* dari sambungan badan kolom harus paling sedikit sama dengan $\sum M_{pc} / H$ (DFBK) atau $\sum M_{pc} / 1,5 H$ (DKI), yang sesuai, dimana $\sum M_{pc}$ adalah jumlah kekuatan lentur plastis nominal dari kolom di atas dan di bawah sambungan.

Pengecualian: Kekuatan perlu dari sambungan kolom yang memperhitungkan faktor tegangan terpusat yang sesuai atau faktor intensitas tegangan mekanis retak tidak perlu melampaui yang ditentukan oleh analisis nonlinier seperti yang disyaratkan dalam Bab C.

E5. SISTEM KOLOM KANTILEVER BIASA

1. Ruang Lingkup

Sistem Kolom Kantilever Biasa (SKKB) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

SKKB dirancang menurut ketentuan ini, diharapkan memberi kapasitas simpangan inelastik minimal melalui pelelehan lentur kolom.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Kolom

Kolom harus dirancang menggunakan kombinasi beban yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Kekuatan aksial perlu, P_{rc} , tidak boleh melampaui 15 % dari kekuatan aksial tersedia, P_c , untuk hanya kombinasi beban ini.

4b. Breising Stabilitas Kolom

Persyaratan breising stabilitas tambahan untuk kolom tidak ada.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Persyaratan tambahan tidak ada.

5b. Sayap Kolom

Persyaratan sayap kolom tambahan tidak ada.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung tidak ada.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las kritis perlu tidak disyaratkan untuk sistem ini.

6b. Dasar Kolom

Persyaratan *dasar kolom* tambahan tidak ada.

E6. SISTEM KOLOM KANTILEVER KHUSUS

1. Ruang Lingkup

Sistem Kolom Kantilever Khusus (SKKK) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

SKKK yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas simpangan inelastik terbatas melalui pelelehan lentur kolom.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Kolom

Kolom harus dirancang menggunakan kombinasi beban yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. *Kekuatan perlu*, P_{rc} , tidak boleh melampaui 15 % dari kekuatan aksial tersedia, P_c , untuk hanya kombinasi beban ini.

4b. Breising Stabilitas dari Kolom

Kolom harus terbreis agar memenuhi persyaratan yang berlaku pada balok yang diklasifikasikan sebagai *komponen struktur daktail sedang* dalam Pasal D1.2a.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail tinggi*.

5b. Sayap Kolom

Perubahan secara mendadak pada daerah sayap kolom tidak boleh dilakukan pada *zona terlindung* seperti dijelaskan dalam Pasal E6.5c.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada dasar kolom yang menahan regangan inelastik harus dirancang sebagai *zona terlindung*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Panjang zona terlindung harus dua kali tinggi kolom, kecuali dengan cara lain diperkuat dengan pengujian.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

6b. Dasar Kolom

Dasar kolom harus dirancang menurut Pasal D2.6.

BAB F

SISTEM RANGKA-TERBREIS DAN SISTEM DINDING-GESER

Bab ini membahas dasar desain dan persyaratan untuk analisis, persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk baja rangka terbreis dan sistem dinding geser.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- F1. Rangka Terbreis Konsentris Biasa (RTKB)
- F2. Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RTKK)
- F3. Rangka Terbreis Eksentris (RTE)
- F4. Rangka Terbreis Penahan-Tekuk (RTPT)
- F5. Dinding Geser-Pelat Khusus (DGPK)

Catatan: Persyaratan-persyaratan bab ini sebagai tambahan yang diperlukan oleh *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan peraturan bangunan gedung yang berlaku.

F1. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS BIASA

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Konsentris Biasa (RTKB) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini. Pada struktur-struktur yang diisolasi seismiknya, sistem pemisahan RTKB di atas harus memenuhi persyaratan Pasal F1.4b, F1.5, F1.6, dan F1.7 dan tidak perlu memenuhi persyaratan Pasal F1.4a.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diperbolehkan jika eksentrisitas ini dihitung untuk desain komponen struktur dengan penentuan dari momen eksentris menggunakan *beban seismik teramplifikasi*.

RTKB yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan dapat memberikan kapasitas deformasi inelastik terbatas pada komponen struktur dan sambungannya.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rangka Terbreis-V dan Rangka Terbreis-V Terbalik

Balok pada RTKB tipe-V dan tipe-V terbalik harus menerus pada sambungan breis sepanjang dari sambungan balok-kolom dan harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) *Kekuatan perlu* harus ditentukan berdasarkan *kombinasi beban* dari peraturan bangunan gedung yang berlaku dengan asumsi bahwa breis tidak dipersiapkan menahan beban mati dan beban hidup. Untuk kombinasi beban yang mencakup efek gempa, efek beban seismik, E , pada komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

- (i) Gaya-gaya dalam breis yang mengalami tarik harus diasumsikan paling sedikit sebagai berikut:
 - (a) *Kekuatan leleh ekspektasi* dari breis yang mengalami tarik, $R_y F_y A_g$
 - (b) Efek beban berdasarkan beban seismik teramplifikasi
 - (c) Gaya maksimum yang dapat disalurkan melalui sistem
- (ii) Gaya tekan pada breis harus diasumsikan sama dengan $0,3P_n$.
- (2) Minimal, satu set breis lateral diperlukan pada titik perpotongan breis, kecuali komponen struktur memiliki kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup untuk menjamin stabilitas antara titik-titik breis yang berdekatan.

4b. Rangka Terbreis-K

Rangka berbreis tipe-K tidak diperbolehkan untuk RTKB.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Breis harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail sedang*.

5b. Kelangsingan

Breis pada konfigurasi V atau V-terbalik harus memiliki $Kl/r \leq 4\sqrt{E/F_y}$.

6. Sambungan

6a. Sambungan Breis Diagonal

Kekuatan perlu dari sambungan *breis diagonal* adalah efek beban berdasarkan beban seismik teramplifikasi.

Pengecualian: Kekuatan perlu sambungan breis tidak perlu melampaui yang berikut:

- (1) Dalam gaya tarik, kekuatan leleh ekspektasi breis dikalikan dengan 1,0 (DFBK) atau dibagi dengan 1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan leleh ekspektasi harus ditentukan sebesar $R_y F_y A_g$.
- (2) Dalam gaya tekan, kekuatan breis ekspektasi dalam tekan dikalikan dengan 1,0 (DFBK) atau dibagi 1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan tekan breis ekspektasi dalam tekan boleh diambil sebesar terkecil dari $R_y F_y A_g$ dan $1,14 F_{cre} A_g$, dimana F_{cre} ditentukan dari *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab E menggunakan persamaan untuk F_{cr} kecuali bahwa *tegangan leleh ekspektasi* $R_y F_y$ digunakan sebagai pengganti dari F_y . Panjang breis yang digunakan untuk penentuan F_{cre} yang tidak boleh melampaui jarak dari ujung breis ke ujung breis.

- (3) Apabila ukuran lubang berlebih digunakan, kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melampaui *efek beban* berdasarkan penggunaan kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, tidak termasuk beban seismik teramplifikasi.

7. Rangka Terbreis Konsentris Biasa dengan Sistem Isolasi Seismik

7a. Persyaratan Sistem

Balok dalam rangka terbreis tipe-V dan tipe-V terbalik harus menerus di antara kolom.

7b. Komponen Struktur

Breis harus memiliki rasio kelangsingan, $K\ell/r \leq 4\sqrt{E/F_y}$.

F2. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Konsentris Khusus (RTKK) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk *rangka terbreis* yang terdiri dari komponen struktur yang disambung konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diperbolehkan jika komponen struktur dan gaya-gaya sambungan yang dihasilkan dibahas dalam desain dan tidak boleh merubah sumber ekspektasi dari kapasitas deformasi inelastik.

RTKK yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan utama melalui tekuk breis dan pelelehan breis dalam tarik.

3. Analisis

Kekuatan perlu dari kolom, balok dan sambungan dalam RTKK harus berdasarkan *kombinasi beban* pada *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Efek gaya horizontal pada penentuan beban seismik teramplifikasi mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebagai gaya terbesar yang ditentukan dari dua analisis berikut:

- (i) Suatu analisis dimana semua breis diasumsikan menahan gaya sesuai dengan kekuatan tekan atau tarik ekspektasi pada breis.
- (ii) Suatu analisis dimana semua breis tarik diasumsikan untuk menahan gaya-gaya sesuai dengan kekuatan ekspektasi pada breis tersebut dan semua breis tekan diasumsikan untuk menahan kekuatan pasca-tekuk ekspektasi di breis tersebut.

Breis harus ditentukan dalam tekan atau tarik dengan mengabaikan efek beban gravitas. Analisis harus memperhitungkan kedua arah pembebanan rangka.

Kekuatan tarik breis ekspektasi adalah $R_y F_y A_g$.

Kekuatan tekan breis ekspektasi boleh diambil sebagai terkecil dari $R_y F_y A_g$ dan $1,14 F_{cre} A_g$ dimana F_{cre} ditentukan dari *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab E menggunakan persamaan untuk F_{cr} , kecuali bahwa tegangan leleh ekspektasi $R_y F_y$ digunakan sebagai pengganti F_y . Panjang breis yang digunakan untuk penentuan F_{cre} tidak boleh melampaui jarak dari ujung breis ke ujung breis.

Kekuatan breis pasca-tebuk ekspektasi harus diambil maksimum sebesar 0,3 kali kekuatan tekan breis ekspektasi.

Catatan: Breis dengan rasio kelangsingan 200 (maksimum yang diizinkan oleh Pasal F2.5b) tertekuk secara elastis untuk material-material yang diizinkan; nilai $0,3F_{cr}$ untuk breis seperti ini 2,1 ksi. Nilai ini boleh digunakan dalam Pasal F2.3(ii) untuk breis dengan sembarang kelangsingan dan perkiraan bebas dari kekuatan-perlu komponen struktur yang merangka dapat diperoleh. Alternatif lain, nilai 0 ksi juga boleh digunakan untuk menyederhanakan analisis.

Pengecualian:

- (1) Dalam penentuan ini diizinkan mengabaikan gaya lentur yang dihasilkan dari simpangan seismik. Momen yang dihasilkan dari suatu beban yang diterapkan pada kolom antara titik-titik penyangga lateral harus diperhitungkan.
- (2) Kekuatan perlu kolom tidak perlu melampaui batas yang berikut:
 - (a) Gaya-gaya yang ditentukan dengan menggunakan kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku termasuk beban seismik teramplifikasi, diterapkan untuk suatu model rangka bangunan gedung dimana semua breis tekan boleh ditiadakan.
 - (b) Gaya-gaya yang sesuai dengan ketahanan pondasi terhadap guling
 - (c) Gaya-gaya ditentukan dari analisis nonlinier seperti dijelaskan dalam Pasal C3.

4. Persyaratan Sistem

4a. Distribusi Gaya Lateral

Pada setiap baris breis, breis harus disebar pada arah berselang-seling sedemikian rupa, sehingga kedua arah gaya sejajar dengan breis, paling sedikit 30 % tetapi tidak lebih dari 70 % dari gaya horizontal total sepanjang baris tersebut ditahan oleh breis yang mengalami tarik, kecuali *kekuatan tersedia* setiap breis yang mengalami tekan adalah lebih besar dari kekuatan perlu yang dihasilkan dari aplikasi kombinasi beban yang sesuai yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku termasuk beban seismik teramplifikasi. Maksud dari ketentuan ini, baris breis ditentukan sebagai baris tunggal atau baris-baris sejajar dengan pergeseran rencana sebesar 10 % atau kurang dari dimensi bangunan gedung yang tegak lurus pada baris breis.

4b. Rangka Terbreis-V dan Rangka Terbreis-V Terbalik

Balok yang berpotongan dengan breis sepanjang dari sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Balok harus menerus antara kolom-kolom.
- (2) Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail sedang* dalam Pasal D1.2a.

Minimal, satu set breis lateral diperlukan pada titik perpotongan tipe V (atau tipe V terbalik) rangka terbreis, kecuali balok mempunyai kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup untuk memastikan stabilitas antara titik-titik breis yang berdekatan.

Catatan: Satu metode yang membuktikan kekuatan dan kekakuan balok keluar bidang yang cukup untuk menerapkan gaya bresing yang ditentukan pada Persamaan A-6-7 dari Lampiran 6 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* untuk setiap sayap sehingga membentuk suatu kopel torsi; pembebanan ini harus bersama-sama dengan gaya lentur yang ditentukan dari analisis yang disyaratkan Pasal F2.3. Kekakuan balok (dan pengekang-pengekangnya) berkenaan dengan beban torsi ini harus memenuhi Persamaan A-6-8 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

4c. Rangka Terbreis K

Rangka terbreis tipe K tidak diizinkan untuk *Rangka Terbreis Konsentris Khusus* (RTKK).

4d. Rangka yang Hanya untuk Menahan Gaya Tarik

Rangka yang hanya untuk menahan gaya tarik tidak diizinkan dalam RTKK.

Catatan: Rangka yang hanya menahan gaya tarik, dimana ketahanan tekan breisnya diabaikan dalam desain dan breis dirancang hanya untuk gaya tarik.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Kolom dan breis harus memenuhi persyaratan dari Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail tinggi*. Balok harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

5b. Breis Diagonal

Breis harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Kelangsingan: Breis harus memiliki rasio kelangsingan $KL/r \leq 200$.
- (2) Breis tersusun: Jarak dari konektor harus sedemikian sehingga rasio kelangsingan, a/r_i , dari elemen individu antara konektor tidak melampaui 0,4 kali rasio kelangsingan yang menentukan dari komponen struktur tersusun.

Jumlah dari kekuatan geser tersedia dari konektor harus sama atau melebihi *kekuatan tarik* tersedia dari setiap elemen. Spasi dari konektor harus seragam. Tidak boleh kurang dari dua konektor harus digunakan dalam komponen struktur tersusun. Konektor tidak boleh ditempatkan di seperempat tengah dari panjang breis bersih.

Pengecualian: Bila tekuk dari breis berada di sekitar sumbu tekuk kritisnya tidak menyebabkan geser pada konektor, desain konektor tidak perlu memenuhi ketentuan ini.

- (3) Luas neto efektif breis tidak boleh kecil dari luas bruto breis. Bila penguat pada breis digunakan, persyaratan berikut harus diterapkan:
 - (i) Kekuatan leleh minimum yang disyaratkan dari penguat harus paling sedikit sebesar kekuatan leleh minimum yang disyaratkan dari breis.
 - (ii) Sambungan-sambungan penguat pada breis harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menyalurkan kekuatan penguat ekspektasi pada setiap sisi dari penampang yang direduksi.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung dari RTKK harus memenuhi Pasal D1.3 dan mencakup yang berikut:

- (1) Untuk breis, seperempat tengah dari panjang breis dan zona yang berdekatan dengan setiap sambungan sama dengan tinggi breis pada bidang tekuk.
- (2) Elemen-elemen yang menghubungkan breis ke balok dan kolom.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah las-las kritis yang diperlukan, dan harus memenuhi persyaratan pada Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las-las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las-las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik neto akibat kombinasi beban yang mencakup beban seismik teramplifikasi, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las-las pada sambungan balok-ke-kolom sesuai dengan Pasal F2.6b(b)

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Bila breis atau pelat buhul dihubungkan pada kedua komponen struktur pada sambungan balok-ke-kolom, sambungan harus sesuai dengan satu dari yang berikut:

- (a) Sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal B3.6a dimana rotasi yang diperlukan diambil sebesar 0,025 radians; atau
- (b) Sambungan harus dirancang untuk menahan momen yang diambil sama dengan terkecil dari yang berikut:

- i) Momen sesuai dengan kekuatan lentur balok ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau dengan 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan lentur balok ekspektasi harus ditentukan sebagai $R_y M_p$.
- (ii) Momen sesuai dengan jumlah dari kekuatan lentur kolom ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau dengan 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Jumlah dari kekuatan lentur kolom ekspektasi harus $\sum (R_y F_y Z)$.

Momen ini harus dihitung dalam kombinasi dengan kekuatan perlu dari sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya *kolektor* diapragma teramplifikasi.

6c. Kekuatan Perlu Sambungan Breis

Kekuatan perlu dalam tarik, tekan dan lentur dari sambungan breis (termasuk sambungan balok-ke-kolom jika merupakan bagian dari sistem rangka terbreis) harus ditentukan seperti yang disyaratkan dibawah. Kekuatan perlu ini boleh diperhitungkan secara tersendiri tanpa interaksi.

(1) Kekuatan Tarik Perlu

Kekuatan tarik perlu yang terkecil dari yang berikut:

- (a) *Kekuatan leleh ekspektasi*, dalam gaya tarik, dari breis, ditentukan sebagai $R_y F_y A_g$ (DFBK) atau $R_y F_y A_g / 1,5$ (DKI), yang sesuai.

Pengecualian: Breis tidak perlu memenuhi persyaratan Persamaan J4-1 dan J4-2 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* untuk pembebanan ini.

Catatan: Pengecualian ini diterapkan untuk breis dimana penampang direduksi atau dimana penampang bersih efektif direduksi akibat *shear lag*. Kasus yang khusus adalah breis PSB dilubangi oval pada sambungan pelat buhul. Pasal F2.5b mensyaratkan breis dengan lubang-lubang atau lubang oval diperkuat sedemikian sehingga luas neto efektif melebihi luas bruto.

Kekuatan breis digunakan untuk memeriksa kondisi batas sambungan, seperti blok geser breis, dapat ditentukan dengan menggunakan properti material ekspektasi seperti diizinkan oleh Pasal A3.2.

- (b) Efek beban maksimum, ditunjukkan oleh analisis, sehingga dapat disalurkan ke breis melalui sistem.

Apabila digunakan lubang Ukuran Berlebih (UB), kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melebihi efek beban berdasarkan penggunaan kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban gempa teramplifikasi.

Catatan: Untuk kondisi batas pembebanan lainnya berlaku (a) dan (b).

(2) Kekuatan Tekan Perlu

Sambungan breis harus dirancang untuk kekuatan tekan perlu berdasarkan kondisi batas tekuk yang paling sedikit sama dengan 1,1 kali kekuatan tekan breis

ekspektasi (DFBK) atau (1,1/1,5) kali kekuatan tekan breis ekspektasi (DKI), yang sesuai, dimana kekuatan tekan breis ekspektasi adalah seperti yang dijelaskan dalam Pasal F2.3.

(3) Pengakomodasian Tekuk Breis

Sambungan breis harus dirancang untuk menahan gaya lentur atau rotasi yang dibebankan melalui breis tekuk. Sambungan yang memenuhi salah satu ketentuan berikut dianggap memenuhi persyaratan ini:

- (a) Kekuatan lentur perlu: Sambungan breis dirancang untuk menahan gaya lentur yang dibebankan melalui tekuk breis harus memiliki kekuatan lentur tersedia paling sedikit sebesar kekuatan lentur ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan lentur breis ekspektasi harus ditentukan sebagai $R_y M_p$ dari breis di sekitar sumbu tekuk kritis.
- (b) Kapasitas rotasi: Sambungan breis dirancang untuk menahan rotasi yang dibebankan oleh tekuk breis yang memiliki kapasitas rotasi yang cukup untuk mengakomodasi rotasi yang diperlukan pada *simpangan tingkat desain*. Diizinkan rotasi inelastik dari sambungan.

Catatan: Pengakomodasian dari rotasi inelastik yang tipikal dicapai dengan cara pelat buhul tunggal dengan breis yang diakhiri sebelum baris pengeangan. Persyaratan pendetailan untuk sambungan yang demikian, dijelaskan dalam penjelasan.

6d. Splice Kolom

Sambungan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las tumpul digunakan untuk membuat sambungan, maka las ini harus las tumpul penetrasi joint lengkap. Sambungan kolom harus dirancang untuk menyalurkan paling sedikit 50 % dari yang terkecil kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur yang disambung.

Kekuatan geser perlu harus $\sum M_{pc}/H_c$ (DFBK) atau $\sum M_{pc}/1,5H_c$ (DKI), yang sesuai,

keterangan:

H_c = tinggi bersih kolom antara sambungan balok, termasuk pelat struktur, jika ada, in. (mm)

$\sum M_{pc}$ = jumlah dari kekuatan lentur plastis nominal, $F_{yc} Z_c$, dari kolom di atas dan kolom di bawah sambungan, kip-in. (N-mm)

F3. RANGKA TERBREIS EKSENTRIS

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Eksentris (RTE) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk *rangka terbreis* dimana ujung yang satu dari setiap breis bersilangan balok pada suatu eksentrisitas dari perpotongan garis sumbu balok dan

suatu breis atau kolom yang berdekatan, membentuk suatu *elemen perangkai* yang menahan geser dan lentur. Eksentrisitas yang kecil dari kedalaman balok diizinkan dalam sambungan breis sepanjang dari elemen perangkai jika hasil gaya komponen struktur dan gaya sambungan dibahas dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastik yang diharapkan.

RTE yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan dapat memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan terutama melalui pelelehan geser atau lentur dalam elemen perangkai.

Bila elemen perangkai disambungkan secara langsung ke kolom, desain sambungannya ke kolom harus memberi kinerja yang disyaratkan Pasal F3.6e(1) dan kesesuaian ini dibuktikan sesuai yang disyaratkan Pasal F3.6e(2).

3. Analisis

Kekuatan perlu dari *breis diagonal* dan sambungan-sambungannya, balok-balok di luar elemen perangkai, dan kolom-kolom harus berdasarkan kombinasi beban dari *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek dari gaya horizontal yang mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebagai gaya yang disalurkan dalam komponen struktur dengan mengasumsikan gaya-gaya pada ujung-ujung dari elemen perangkai sesuai dengan kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan. Kekuatan geser elemen perangkai yang disesuaikan harus diambil sebesar R_y kali kekuatan geser nominal elemen perangkai, V_n , dijelaskan dalam Pasal F3.5b(2) dikalikan dengan 1,25 untuk elemen perangkai profil I dan 1,4 untuk elemen perangkai kotak.

Pengecualian:

- (1) Efek dari gaya horizontal yang mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , boleh diambil sebesar 0,88 kali gaya-gaya yang ditentukan di atas untuk desain komponen struktur yang berikut:
 - (a) Bagian-bagian dari balok-balok di luar elemen perangkai
 - (b) Kolom dalam rangka dari tiga atau lebih tingkat bresing
- (2) Boleh mengabaikan gaya lentur yang dihasilkan dari simpangan seismik dalam penentuan ini. Momen yang dihasilkan dari beban yang diterapkan pada kolom antara titik-titik penyanggah lateral harus diperhitungkan.
- (3) Kekuatan perlu kolom tidak perlu melebihi nilai terkecil dari yang berikut:
 - (a) Gaya-gaya yang sesuai dengan ketahanan fondasi terhadap guling
 - (b) Gaya-gaya seperti yang ditentukan dari analisis nonlinier yang dijelaskan dalam Pasal C3.

Sudut rotasi elemen perangkai inelastis harus ditentukan dari bagian inelastik dari *simpangan tingkat desain*. Alternatif, sudut rotasi elemen perangkai inelastik boleh ditentukan dari analisis nonlinier seperti dijelaskan dalam Pasal C3.

Catatan: Efek beban seismik, E , digunakan dalam desain komponen struktur RTE, sebagaimana kekuatan aksial perlu digunakan dalam persamaan Pasal F3.5, harus dihitung dari analisis yang di atas.

4. Persyaratan Sistem

4a. Sudut Rotasi Elemen Perangkai

Sudut rotasi elemen perangkai adalah sudut inelastik antara elemen perangkai dan balok di luar dari elemen perangkai bila total simpangan tingkat adalah sama dengan simpangan tingkat desain, Δ . Sudut rotasi elemen perangkai tidak boleh melampaui nilai yang berikut:

- (a) Untuk panjang elemen perangkai $1,6M_p/V_p$ atau kurang: 0,08 rad
- (b) Untuk panjang elemen perangkai $2,6M_p/V_p$ atau lebih besar: 0,02 rad

dimana

M_p = kekuatan lentur plastis nominal, kip-in. (N-mm)

V_p = kekuatan geser nominal dari elemen perangkai aktif, kip (N)

Nilai yang ditentukan dengan interpolasi linier antara nilai-nilai di atas untuk panjang elemen perangkai harus antara $1,6M_p/V_p$ dan $2,6M_p/V_p$.

4b. Breising Elemen Perangkai

Breising harus disediakan pada sayap elemen perangkai bagian atas dan bawah di ujung-ujung dari elemen perangkai untuk profil berbentuk I. Breising harus memiliki *kekuatan tersedia* dan kekakuan seperti disyaratkan untuk lokasi *sendi plastis* ekspektasi oleh Pasal D1.2c.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur breis harus memenuhi batasan ketebalan terhadap lebar dalam Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail sedang*.

Komponen struktur kolom harus memenuhi batasan ketebalan terhadap lebar dalam Pasal D1.1b untuk *komponen struktur daktail tinggi*.

Apabila balok di luar dari elemen perangkai adalah suatu profil berbeda dari elemen perangkai, balok harus memenuhi batasan ketebalan terhadap lebar dalam Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail sedang.

Catatan: Breis diagonal dan segmen balok di luar elemen perangkai, dimaksudkan untuk tetap dasarnya elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh leleh penuh dan pengerasan regangan elemen perangkai. Breis diagonal dan segmen balok di luar elemen perangkai biasanya menahan kombinasi dari gaya aksial dan momen lentur terbesar, dan karena harus diperlakukan sebagai balok-kolom dalam desain, dimana kekuatan tersedia ditentukan oleh *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab J.

Bila balok di luar elemen perangkai adalah komponen struktur yang sama seperti elemen perangkai, kekuatannya dapat ditentukan dengan menggunakan properti material ekspektasi seperti diizinkan Pasal A3.2.

5b. Elemen Perangkai

Elemen perangkai balok yang menahan geser dan lentur akibat eksentrisitas antara perpotongan sumbu breising dan sumbu balok (atau antara perpotongan dari sumbu breis dan sumbu balok serta sumbu kolom untuk elemen perangkai yang menempel ke kolom) harus disediakan. Elemen perangkai balok harus diperhitungkan sepanjang sambungan breis ke sambungan breis untuk elemen-elemen perangkai tengah dan dari sambungan breis ke muka kolom untuk sambungan kolom ke elemen perangkai kecuali seperti diizinkan oleh Pasal F3.6e.

(1) Pembatasan

Elemen perangkai harus profil berbentuk I (profil sayap lebar gilas atau profil tersusun) atau profil kotak tersusun. Profil PSB tidak boleh digunakan sebagai elemen perangkai.

Elemen perangkai harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi.

Pengecualian: Sayap elemen perangkai dengan profil berbentuk I dengan panjang elemen perangkai, $e \leq 1,6M_p/V_p$, diizinkan agar memenuhi persyaratan untuk komponen struktur daktail sedang.

Badan atau badan-badan dari elemen perangkai harus mempunyai ketebalan tunggal. Perkuatan pelat pengganda dan penetrasi badan tidak diizinkan.

Untuk elemen perangkai yang terbuat dari profil melintang tersusun, las tumpul penetrasi joint lengkap harus digunakan untuk menghubungkan badan (atau badan-badan) ke sayap-sayap.

Elemen perangkai dari profil kotak tersusun harus memiliki momen inersia, I_y , di sekitar sumbu pada bidang RTE dibatasi dengan $I_y > 0,67I_x$, dimana I_x adalah momen inersia di sekitar sumbu yang tegak lurus terhadap bidang RTE.

(2) Kekuatan Geser

Kekuatan geser desain elemen perangkai, $\phi_v V_n$, dan *kekuatan geser diizinkan elemen perangkai*, V_n/Ω_v , harus nilai yang terendah yang diperoleh menurut *kondisi batas* dari *pelelehan geser* dalam badan dan *pelelehan lentur* dalam penampang bruto. Untuk kedua kondisi batas:

$$\phi_v = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_v = 1,67 \text{ (DKI)}$$

(a) Untuk pelelehan geser:

$$V_n = V_p \qquad \text{(F3-1)}$$

keterangan

$$V_p = 0,6F_y A_{\ell w} \text{ untuk } P_r/P_c \leq 0,15 \qquad \text{(F3-2)}$$

$$V_p = 0,6F_y A_{\ell w} \sqrt{1 - (P_r/P_c)^2} \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15 \quad (\text{F3-3})$$

$$A_{\ell w} = (d - 2t_f)t_w \text{ untuk profil elemen perangkai bentuk I} \quad (\text{F3-4})$$

$$= 2(d - 2t_f)t_w \text{ untuk profil elemen perangkai bentuk kotak} \quad (\text{F3-5})$$

$$P_r = P_u \text{ (DBTK) atau } P_a \text{ (DKI), yang sesuai}$$

$$P_u = \text{kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, kips (N)}$$

$$P_a = \text{kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DKI, kips (N)}$$

$$P_c = P_y \text{ (DFBK) atau } P_y/1,5 \text{ (DKI), yang sesuai}$$

$$P_y = \text{kekuatan leleh aksial nominal} = F_y A_g \quad (\text{F3-6})$$

(b) Untuk pelelehan lentur:

$$V_n = 2M_p/e \quad (\text{F3-7})$$

keterangan

$$M_p = F_y Z \text{ untuk } P_r/P_c \leq 0,15 \quad (\text{F3-8})$$

$$M_p = F_y Z \left[\frac{1 - P_r/P_c}{0,85} \right] \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15 \quad (\text{F3-9})$$

e = panjang elemen perangkai, didefinisikan sebagai jarak bersih antara ujung-ujung dari dua breis diagonal atau antara breis diagonal dan muka kolom, in. (mm)

Catatan: Persyaratan Pasal F3.5b(2) dan (3) telah diformat kembali dari **Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural 2005** untuk kejelasan dan kesederhanaan. Namun, tidak merubah persyaratan yang diperlukan dalam memformatnya kembali.

(3) Panjang Elemen Perangkai

Jika $P_r/P_c > 0,15$, panjang elemen perangkai harus dibatasi sebagai berikut:

Bila $\rho' \leq 0,5$

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (\text{F3-10})$$

Bila $\rho' > 0,5$

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} (1,15 - 0,3\rho') \quad (\text{F3-11})$$

keterangan

$$\rho' = \frac{P_r/P_c}{V_r/V_c} \quad (\text{F3-12})$$

$$V_r = V_u \text{ (DFBK) atau } V_a \text{ (DKI), yang sesuai, kips (N)}$$

$$V_u = \text{kekuatan geser perlu berdasarkan kombinasi beban DFBK, kips (N)}$$

$$V_a = \text{kekuatan geser perlu berdasarkan kombinasi beban DKI, kips (N)}$$

$V_c = V_y$ (DFBK) atau $V_y/1,5$ (DKI), yang sesuai, kips (N)

$V_y =$ kekuatan leleh geser nominal, kips (N)

$$= 0,6F_y A_{\ell w} \quad (F3-13)$$

Catatan: Untuk elemen perangkai dengan gaya aksial rendah tidak ada batas atas pada panjang elemen perangkai. Pembatasan sudut rotasi elemen perangkai pada Pasal F3.4a menghasilkan batas terendah praktis pada panjang elemen perangkai.

(4) Pengaku Elemen Perangkai untuk Profil Melintang Berbentuk-I

Pengaku badan kedalaman penuh harus disediakan pada kedua sisi dari badan elemen perangkai pada ujung-ujung breis diagonal dari elemen perangkai. Pengaku ini harus memiliki kombinasi lebar tidak kurang dari $(b_f - 2t_w)$ dan ketebalan tidak kurang dari nilai yang terbesar dari $0,75t_w$ atau $3/8$ in. (10 mm), dimana b_f dan t_w adalah lebar sayap elemen perangkai dan ketebalan badan elemen perangkai.

Elemen perangkai harus disediakan dengan pengaku badan menengah sebagai berikut:

- Panjang elemen perangkai $1,6M_p/V_p$ atau kurang harus diberi pengaku-pengaku badan menengah berjarak pada interval tidak melampaui $(30t_w - d/5)$ untuk sudut rotasi elemen perangkai 0,08 rad atau $(52t_w - d/5)$ untuk sudut rotasi elemen perangkai 0,02 rad atau kurang. Interpolasi linear harus digunakan untuk nilai antara 0,08 rad dan 0,02 rad.
- Panjang elemen perangkai yang lebih besar dari atau sama dengan $2,6M_p/V_p$ dan lebih kecil dari $5M_p/V_p$ harus diberi pengaku badan menengah yang ditempatkan pada jarak 1,5 kali b_f dari setiap ujung dari elemen perangkai.
- Panjang elemen perangkai antara $1,6M_p/V_p$ dan $2,6M_p/V_p$ harus diberi pengaku badan menengah yang memenuhi persyaratan (a) dan (b) di atas.

Pengaku badan menengah tidak diperlukan dalam panjang elemen perangkai yang lebih besar dari $5M_p/V_p$.

Pengaku badan menengah harus memiliki tinggi penuh. Untuk elemen perangkai yang tingginya kurang dari 25 in. (635 mm), pengaku diperlukan hanya pada satu sisi badan elemen perangkai. Ketebalan pengaku di sisi yang satu tidak kurang dari t_w atau $3/8$ in. (10 mm), pilih yang terbesar, dan lebar tidak boleh kurang dari $(b_f/2 - t_w)$. Untuk elemen perangkai dengan ketebalan 25 in. (635 mm) atau lebih besar, pengaku menengah serupa diperlukan pada kedua sisi badan.

Kekuatan perlu dari las sudut yang menghubungkan pengaku elemen perangkai ke badan elemen perangkai adalah $F_y A_{st}$ (DFBK) atau $F_y A_{st}/1,5$ (DKI), yang sesuai, dimana A_{st} adalah luas profil melintang horizontal dari pengaku elemen perangkai dan F_y adalah tegangan leleh dari pengaku. Kekuatan perlu dari las

sudut yang menghubungkan pengaku ke sayap elemen perangkai adalah $F_y A_{st} / 4$ (DFBK) atau $F_y A_{st} / 4(1,5)$ (DKI).

(5) Pengaku Elemen Perangkai untuk Profil Kotak

Pengaku badan kedalaman penuh harus disediakan pada satu sisi dari setiap badan elemen perangkai pada sambungan breis diagonal. Pengaku-pengaku ini boleh dilas pada muka luar atau muka dalam dari badan elemen perangkai. Pengaku-pengaku ini harus masing-masing memiliki lebar tidak kurang dari $b/2$, dimana b adalah lebar di sisi dalam profil kotak. Pengaku-pengaku ini harus masing-masing memiliki ketebalan tidak kurang dari terbesar dari $0,75t_w$ atau $\frac{1}{2}$ in. (13 mm)

Elemen perangkai kotak harus diberikan dengan pengaku badan menengah sebagai berikut:

- (a) Untuk panjang elemen perangkai $1,6M_p/V_p$ atau kurang dan dengan rasio tinggi-ke-ketebalan badan, h/t_w , lebih besar dari atau sama dengan $0,64\sqrt{E/F_y}$, pengaku badan dengan ketinggian penuh harus disediakan pada satu sisi dari setiap badan elemen perangkai, berjarak pada interval yang tidak melampaui $20t_w - (d - 2t_f)/8$.
- (b) Untuk panjang elemen perangkai $1,6M_p/V_p$ atau kurang dan dengan rasio tinggi-ke-ketebalan badan, h/t_w kurang dari $0,64\sqrt{E/F_y}$, disyaratkan tanpa pengaku badan menengah.
- (c) Untuk panjang elemen perangkai lebih besar dari $1,6M_p/V_p$, disyaratkan tanpa pengaku badan menengah.

Pengaku badan menengah harus memiliki tinggi penuh, dan boleh di las pada muka luar atau muka dalam dari badan elemen perangkai.

Kekuatan perlu dari las sudut yang menghubungkan pengaku elemen perangkai ke badan elemen perangkai adalah $F_y A_{st}$ (DFBK) atau $F_y A_{st} / 1,5$ (DKI), yang sesuai, dimana A_{st} adalah luas profil horizontal dari pengaku elemen perangkai.

Catatan: Pengaku dari elemen perangkai kotak tidak perlu di las ke sayap elemen perangkai.

5c. Zona Terlindung

Elemen perangkai pada PTB adalah *zona terlindung*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut ini adalah las-las kritis yang diperlukan, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik netto akibat kombinasi beban termasuk beban seismik teramplifikasi, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las pada sambungan balok-ke-kolom sesuai dengan Pasal F3.6b(b)
- (4) Las yang mengikat sayap elemen perangkai dan badan elemen perangkai ke kolom dimana elemen perangkai dihubungkan ke kolom.
- (5) Las yang menghubungkan badan ke sayap dalam balok tersusun di elemen perangkai

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Apabila breis atau pelat buhul terhubung ke kedua komponen struktur pada sambungan balok-ke-kolom, sambungan harus sesuai dengan satu dari yang berikut:

- (a) Sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal B3.6a dimana rotasi yang diperlukan diambil sebesar 0,025 radian; atau
- (b) Sambungan harus dirancang untuk menahan momen sama dengan terkecil dari yang berikut:
 - (i) Momen sesuai dengan kekuatan lentur balok ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau dengan 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan leleh balok ekspektasi harus ditentukan sebesar $R_y M_p$.
 - (ii) Momen sesuai dengan jumlah dari kekuatan lentur kolom ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Jumlah dari kekuatan lentur kolom ekspektasi harus $\sum (R_y F_y Z)$.

Momen ini harus diperhitungkan dalam kombinasi dengan kekuatan perlu dari sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya kolektor diaphragma teramplifikasi.

6c. Sambungan Breis Diagonal

Apabila lubang Ukuran Berlebih (UB) digunakan, kekuatan perlu untuk kondisi batas slip baut tidak perlu melebihi efek beban berdasarkan penggunaan kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik teramplifikasi.

Sambungan breis yang dirancang untuk menahan bagian dari momen ujung elemen perangkai harus dirancang sebagai tertahan penuh.

6d. Splices Kolom

Splices kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las tumpul digunakan untuk membuat sambungan, las tersebut harus las tumpul penetrasi joint lengkap. Splices kolom harus dirancang untuk menyalurkan paling sedikit 50 % dari terkecil kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur yang disambung.

Kekuatan geser perlu harus $\sum M_{pc}/H_c$ (DFBK) atau $\sum M_{pc}/1,5H_c$ (DKI), yang sesuai,

keterangan

H_c = tinggi bersih dari kolom antara sambungan balok, termasuk pelat struktur, jika ada, in. (mm)

$\sum M_{pc}$ = jumlah dari kekuatan lentur plastis nominal $F_{yc}Z_c$, dari kolom di atas dan kolom di bawah sambungan, kip-in. (N-mm)

6e. Sambungan Elemen Perangkai-ke-Kolom

(1) Persyaratan

Sambungan elemen perangkai-ke-kolom harus sambungan momen Tertahan Penuh (TP) dan harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Sambungan harus mampu menahan sudut rotasi elemen perangkai yang disyaratkan dalam Pasal F3.4a.
- (2) Ketahanan geser dari sambungan, diukur pada sudut rotasi elemen perangkai perlu, harus paling sedikit sama dengan kekuatan geser ekspektasi dari elemen perangkai, $R_y V_n$, seperti dijelaskan dalam Pasal F3.5b(2).
- (3) Ketahanan lentur dari sambungan, diukur pada sudut rotasi elemen perangkai perlu, harus paling sedikit sama dengan momen sesuai dengan kekuatan geser nominal dari elemen perangkai, V_n , seperti dijelaskan dalam Pasal F3.5b(2).

(2) Pembuktian Kesesuaian

Sambungan elemen perangkai-ke-kolom harus memenuhi persyaratan di atas dengan satu dari yang berikut:

- (a) Penggunaan sambungan pra-kualifikasi untuk RTE menurut Pasal K1.

Catatan: Tidak ada teruji sambungan elemen perangkai-ke-kolom.

- (b) Memberikan hasil uji siklus yang memenuhi syarat menurut Pasal K2. Hasil uji sambungan yang diperoleh paling sedikit dari dua siklus harus tersedia dan boleh berdasarkan satu dari yang berikut:
 - (i) Pengujian dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian yang dilakukan, didokumentasikan untuk proyek-proyek lain yang mewakili kondisi proyek berada dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.

- (ii) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek dan yang mewakili ukuran komponen struktur proyek, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan properti material sambungan yang sesuai, di dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.

Pengecualian: Pengujian siklus sambungan tidak disyaratkan jika kondisi berikut dipenuhi:

- (1) Pada sambungan balok-ke-kolom yang diperkuat pada ujung elemen perangkai yang mencegah pelelehan balok di sepanjang panjang yang diperkuat.
- (2) Kekuatan yang tersedia dari penampang yang diperkuat dan sambungan yang sama atau melebihi kekuatan perlu yang dihitung berdasarkan kekuatan geser elemen perangkai yang diatur seperti yang dijelaskan Pasal F3.3.
- (3) Panjang elemen perangkai (diambil sebagai segmen balok dari ujung perkuatan ke sambungan Breising) tidak boleh melampaui $1,6M_p/V_p$.
- (4) Pengaku dengan ketinggian penuh seperti yang disyaratkan Pasal F3.5b(4) ditempatkan pada elemen perangkai-ke-antarmuka penguatan.

F4. RANGKA TERBREIS PENAHAN TEKUK

1. Ruang Lingkup

Rangka Terbreis Penahan Tekuk (RTPT) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka dengan breis konsentris yang dipabrikasi secara khusus disambungkan ke balok dan kolom. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diizinkan jika hasil komponen struktur dan gaya-gaya sambungan dibahas dalam desain dan tidak merubah sumber kapasitas deformasi inelastik yang diharapkan.

RTPT yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis signifikan utama melalui pelelehan breis dalam tarik dan tekan. Desain breis harus memberi kinerja yang disyaratkan oleh Pasal F4.5b(1) dan F4.5b(2), dan membuktikan kesesuaian ini seperti yang disyaratkan oleh Pasal F4.5b(3). Breis harus dirancang, diuji, dan didetail untuk mengakomodasi deformasi yang diharapkan. Deformasi yang diharapkan yang sesuai dengan suatu simpangan tingkat paling sedikit 2 % dari tinggi tingkat atau dua kali *simpangan tingkat desain*, pilih yang terbesar, selain deformasi breis yang dihasilkan dari deformasi rangka akibat beban gravitas.

RTPT harus dirancang sehingga deformasi inelastis akibat *desain gempa* yang terjadi sebagai pelelehan breis dalam tarik dan tekan.

2a. Kekuatan Breis

Kekuatan breis yang diatur harus ditetapkan berdasarkan pengujian seperti dijelaskan dalam pasal ini.

Bila disyaratkan oleh standar ini, sambungan breis dan komponen struktur yang berdekatan harus dirancang untuk menahan gaya-gaya yang dihitung berdasarkan kekuatan breis yang diatur.

Kekuatan tekan breis yang diatur harus sebesar $\beta\omega R_y P_{ysc}$,

keterangan

β = faktor penyesuai kekuatan tekan
 ω = faktor penyesuai pengerasan regangan
 P_{ysc} = kekuatan leleh aksial dari *inti baja*, ksi (MPa)

Kekuatan tarik breis yang diatur harus $\omega R_y P_{ysc}$.

Pengecualian: Faktor R_y tidak perlu diterapkan jika P_{ysc} ditetapkan menggunakan tegangan leleh yang ditentukan dari uji kupon.

Faktor penyesuai kekuatan tekan, β , harus dihitung sebagai rasio dari gaya tekan maksimum terhadap gaya tarik maksimum dari *spesimen uji* yang diukur dari uji kualifikasi yang disyaratkan dalam Pasal K3.4c untuk deformasi yang diharapkan. Nilai terbesar β dari dua uji kualifikasi breis yang diperlukan harus digunakan. Bila tidak ada kasus, β harus diambil kecil dari 1,0.

Faktor penyesuai pengerasan regangan, ω , harus dihitung sebagai rasio dari gaya tarik maksimum yang diukur dari uji kualifikasi yang disyaratkan Pasal K3.4c (untuk deformasi yang diharapkan) terhadap gaya leleh yang diukur, $R_y P_{ysc}$, dari spesimen uji. Nilai terbesar ω dari dua uji kualifikasi yang diperlukan harus digunakan. Bila material inti baja yang diuji tidak cocok dengan *prototipe*, ω harus berdasarkan uji kupon dari material prototipe.

3. Analisis

Breis penahan tekuk tidak boleh diperhitungkan sebagai penahan gaya gravitas.

Kekuatan perlu dari kolom, balok, dan sambungan dalam RTPT harus berdasarkan kombinasi beban dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek gaya horizontal yang mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebagai gaya yang disalurkan dalam komponen struktur dengan asumsi gaya-gaya dalam semua breis sesuai dengan kekuatan breis yang diatur dalam tekan atau dalam tarik.

Breis harus ditentukan menahan tekan atau tarik saja dengan mengabaikan efek beban gravitasi. Analisis harus memperhitungkan ke dua arah pembebanan rangka.

Kekuatan tarik breis yang diatur harus seperti yang dijelaskan dalam Pasal F4.2a.

Pengecualian:

- (1) Pada penentuan ini, boleh mengabaikan gaya lentur yang dihasilkan dari simpangan seismik. Momen yang dihasilkan dari suatu beban yang diterapkan pada kolom antara titik-titik dari penyanggah lateral harus diperhitungkan.
- (2) Kekuatan perlu kolom tidak perlu melebihi yang terkecil dari yang berikut:
 - (a) Gaya-gaya yang sesuai dengan ketahanan pondasi terhadap guling
 - (b) Gaya-gaya seperti yang ditentukan dari analisis nonlinear seperti yang dijelaskan dalam Pasal C3.

Deformasi breis harus ditentukan dari bagian inelastik simpangan tingkat desain dan harus mencakup efek fleksibilitas vertikal balok. Alternatif, deformasi breis boleh ditentukan dari analisis nonlinier seperti dijelaskan dalam Pasal C3.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rangka Terbreis-V dan Portal Terbreis-V Terbalik

Rangka terbreising tipe V dan tipe V terbalik harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Kekuatan perlu dari balok yang berpotongan dengan breis, sambungan-sambungannya, dan komponen struktur pendukung harus ditentukan berdasarkan *kombinasi beban* dari peraturan bangunan gedung yang berlaku dengan asumsi bahwa breis tidak menahan beban mati dan beban hidup. Untuk kombinasi beban yang mencakup efek gempa, efek gempa vertikal dan horizontal, E , pada balok harus ditentukan dari kekuatan breis yang diatur dalam tarik dan tekan.
- (2) Balok harus menerus diantara kolom-kolom. Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail sedang* dalam Pasal D1.2(a).

Minimal, satu set breis lateral diperlukan pada titik perpotongan dari breis tipe V (atau tipe V terbalik), kecuali balok memiliki kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup untuk memastikan stabilitas antara titik-titik breis yang bersebelahan.

Catatan: Balok mempunyai kekuatan dan kekakuan keluar bidang yang cukup jika balok melentur dalam bidang horizontal memenuhi kekuatan breis yang diperlukan dan kekakuan breis yang diperlukan untuk bresing nodal kolom seperti dijelaskan dalam *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. P_u boleh diambil sebagai kekuatan tekan perlu dari breis.

Untuk tujuan dari desain breis dan pengujian, deformasi maksimum yang dihitung dari breis harus ditingkatkan dengan memasukkan efek defleksi vertikal dari balok akibat pembebanan yang ditentukan dalam Pasal F4.4a(1).

4b. Rangka Terbreis K

Rangka terbreis tipe K tidak boleh untuk RTTT.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur balok dan kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktilil tinggi*.

5b. Breis Diagonal

(1) Rakitan

Breis harus terdiri dari inti baja struktural dan sistem yang mengekang inti baja dari tekuk.

(1) Inti Baja

Pelat-pelat yang digunakan dalam inti baja yang tebalnya 2 in. (50 mm) atau lebih besar harus memenuhi persyaratan minimum kekerasan takik dari Pasal A3.3.

Sambungan pada inti baja tidak diizinkan.

(2) Sistem Penahan Tekuk

Sistem penahan tekuk harus terdiri dari *selubung* untuk inti baja. Dalam perhitungan stabilitas, balok, kolom, dan buhul yang menghubungkan inti harus diperhitungkan merupakan bagian-bagian dari sistem ini.

Sistem penahan tekuk harus membatasi tekuk setempat dan tekuk keseluruhan dari inti baja untuk deformasi diharapkan.

Catatan: Kesesuaian terhadap ketentuan ini dibuktikan dengan rata-rata dari hasil pengujian seperti dijelaskan dalam Pasal F4.5b(3).

(2) Kekuatan Tersedia

Inti baja harus dirancang untuk menahan semua gaya aksial pada breis.

Kekuatan aksial desain breis, ϕP_{ysc} (DFBK), dan kekuatan aksial izin breis, P_{ysc}/Ω (DKI), dalam tarik dan tekan, sesuai dengan kondisi batas leleh, harus ditentukan sebagai berikut:

$$P_{ysc} = F_{ysc} A_{sc} \quad (F4-1)$$

$$\phi = 0,90 \text{ (DFBK)} \quad \Omega = 1,67 \text{ (DKI)}$$

keterangan

A_{sc} = luas profil dari segmen leleh inti baja, in.² (mm²)

F_{ysc} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari inti baja, atau tegangan leleh aktual dari inti baja seperti yang ditentukan dari uji kupon, ksi (MPa)

Catatan: Efek beban dihitung berdasarkan kekuatan breis yang diatur tidak boleh diperbesar oleh faktor kekuatan-lebih, Ω_o .

(3) Pembuktian Kesesuaian

Desain breis harus berdasarkan hasil dari uji siklus kualifikasi menurut prosedur dan kriteria penerimaan Pasal K3. Hasil uji kualifikasi harus terdiri dari paling sedikit dua lolos uji siklus: satu diperlukan untuk uji bagian rakitan breis yang mencakup rotasi perlu sambungan breis yang memenuhi Pasal K3.2 dan lainnya harus uji uniaksial atau uji bagian rakitan yang sesuai dengan Pasal K3.3. Kedua tipe pengujian harus berdasarkan satu dari yang berikut:

- (a) Pengujian dilaporkan dalam penelitian atau pengujian yang didokumentasi dilakukan untuk proyek-proyek lainnya
- (b) Pengujian dilakukan secara khusus untuk proyek tersebut.

Interpolasi atau ekstrapolasi dari hasil uji untuk ukuran komponen struktur yang berbeda akan dibenarkan oleh analisis rasional yang membuktikan distribusi tegangan dan besar dari regangan internal konsisten dengan atau kurang parah dibandingkan dari rakitan yang diuji dan yang memperhitungkan dampak variasi properti material. Ekstrapolasi hasil pengujian harus berdasarkan kombinasi yang sama dari inti baja dan ukuran sistem penahan tekuk. Pengujian boleh dilakukan untuk memenuhi syarat desain bila ketentuan Pasal K3 dipenuhi.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung harus mencakup inti baja dari breis dan elemen yang menghubungkan inti baja ke balok dan kolom, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las-las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las-las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las-las pada sambungan pelat dasar ke kolom

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik neto akibat kombinasi beban yang mencakup beban seismik teramplifikasi, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las-las pada sambungan kolom ke balok, sesuai dengan Pasal F4.6b(b)

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Bila suatu breis atau pelat buhul terhubung ke kedua komponen struktur pada sambungan kolom ke balok, sambungan harus memenuhi satu dari yang berikut:

- (a) Sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal B3.6a dimana rotasi yang diperlukan diambil sebesar 0,025 radian; atau
- (b) Sambungan harus dirancang untuk menahan suatu momen sama dengan terkecil dari yang berikut:
 - (i) Momen sesuai dengan kekuatan lentur balok ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau dengan 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Kekuatan lentur balok ekspektasi harus ditentukan sebagai $R_y M_p$.
 - (ii) Momen sesuai dengan jumlah dari kekuatan lentur kolom ekspektasi dikalikan dengan 1,1 (DFBK) atau 1,1/1,5 (DKI), yang sesuai. Jumlah dari kekuatan lentur kolom ekspektasi harus $\sum (R_y F_y Z)$.

Momen ini harus diperhitungkan dalam kombinasi kekuatan perlu dari sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya kolektor diafragma teramplifikasi.

6c. Sambungan Breis Diagonal

(1) Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu dari sambungan breis dalam tarik dan tekan (termasuk sambungan kolom ke balok jika merupakan bagian dari sistem rangka-terbreis) harus 1,1 kali kekuatan breis yang diatur dalam tekan (DFBK) atau 1,1/1,5 kali kekuatan breis yang diatur dalam tekan (DKI) dimana kekuatan breis yang diatur adalah seperti dijelaskan dalam Pasal F4.2a.

Apabila lubang Ukuran Berlebih (UB) yang digunakan, kekuatan perlu untuk kondisi batas dari slip baut tidak perlu melampaui efek beban berdasarkan penggunaan kombinasi beban yang ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, termasuk beban seismik teramplifikasi.

(2) Persyaratan Pelat Buhul

Desain sambungan harus memperhitungkan tekuk setempat dan tekuk keseluruhan. Bresing lateral konsisten dengan yang digunakan dalam pengujian dimana desain berdasarkan yang disyaratkan.

Catatan: Ketentuan ini dapat dipenuhi dengan merancang pelat buhul untuk gaya tegak lurus konsisten dengan gaya bresing yang tegak lurus, ditentukan dari pengujian, dengan penambahan pengaku pada pelat tersebut untuk menahan gaya ini, atau dengan memberi breis pada pelat buhul. Bila pendukung pengujian tidak mencakup bresing melintang, maka bresing tersebut tidak diperlukan. Setiap pengikatan bresing pada inti baja harus disertakan dalam pengujian kualifikasi.

6d. Splice Kolom

Splice kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las tumpul digunakan membuat sambungan, las tersebut harus las tumpul penetrasi join lengkap. Splice kolom harus dirancang menyalurkan paling sedikit 50 % kekuatan lentur terkecil yang tersedia dari komponen struktur yang disambung.

Kekuatan geser perlu, V_u atau V_a , harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_u = \frac{\sum M_{pc}}{H_c} \quad (\text{DFBK}) \quad (\text{F4-2a})$$

atau

$$V_a = \frac{\sum M_{pc}}{1,5H_c} \quad (\text{DKI}) \quad (\text{F4-2b})$$

yang sesuai,

keterangan

H_c = tinggi bersih kolom antara sambungan balok, termasuk pelat struktural, jika ada, in. (mm)

$\sum M_{pc}$ = jumlah dari kekuatan lentur plastis nominal, $F_{yc} Z_c$, dari kolom di atas dan kolom di bawah sambungan, kip-in. (N-mm)

F5. DINDING GESER PELAT KHUSUS

1. Ruang Lingkup

Dinding Geser Pelat Khusus (DGPK) dari baja struktural harus dirancang menurut pasal ini.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka dengan pelat badan baja disambungkan ke balok dan kolom.

DGPK yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastis yang signifikan terutama melalui pelelehan pelat badan dan pembentukan sendi plastis pada ujung-ujung dari *elemen pembatas horizontal* (EPH).

3. Analisis

Badan DGPK tidak boleh diperhitungkan sebagai penahan gaya gravitasi.

Kekuatan perlu EPH, *elemen pembatas vertikal* (EPV), dan sambungan pada DGPK harus berdasarkan kombinasi beban dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi efek gaya horizontal yang mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , harus ditentukan dari suatu analisis dimana semua badan diasumsikan untuk menahan gaya-

gaya sesuai dengan kekuatan yang diharapkan dalam tarik pada suatu sudut α seperti yang ditentukan Pasal F5.5b dan EPH yang menahan gaya lentur pada setiap ujung sama dengan $1,1R_y M_p$ (DFBK) atau $(1,1/1,5)R_y M_p$ (DKI). Badan harus ditentukan dalam tarik dengan mengabaikan efek beban gravitasi.

Tegangan leleh badan ekspektasi harus diambil sebagai $R_y F_y$. Bila dinding berlubang digunakan, tegangan tarik efektif ekspektasi sesuai yang dijelaskan Pasal F5.7a(4).

Catatan: Gaya geser pada Persamaan E1-1 harus termasuk dalam analisis ini. Perancang harus menyadari bahwa dalam beberapa kasus gaya-gaya dari analisis dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku akan menentukan desain EPH.

Catatan: Gaya geser dalam balok dan kolom cendrung tinggi dan pelelehan geser dapat menentukan kondisi batas.

4. Persyaratan Sistem

4a. Kekakuan Elemen Pembatas

Elemen Pembatas Vertikal (EPV) harus memiliki momen inersia di sumbu yang tegak lurus bidang badan, I_c , tidak kurang dari $0,0031 t_w h^4 / L$. Elemen Pembatas Horizontal (EPH) harus memiliki momen inersia di sumbu yang tegak lurus bidang badan, I_b tidak kurang dari $0,0031 L^4 / h$ kali selisih ketebalan pelat badan yang di atas dan di bawah,

keterangan

I_b = momen inersia EPH diambil tegak lurus pada arah baris pelat badan, in.⁴ (mm⁴)

I_c = momen inersia EPV diambil tegak lurus terhadap arah baris pelat badan, in.⁴ (mm⁴)

L = jarak antara sumbu EPV, in. (mm)

h = jarak antara sumbu EPH, in. (mm)

t_w = tebal badan, in. (mm)

4b. Rasio Momen Sambungan EPH-ke-EPV

Ketentuan rasio momen dalam Pasal E3.4a harus memenuhi untuk semua perpotongan EPH/EPV tanpa mempertimbangkan efek dari badan.

4c. Breising

EPH harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail sedang* dalam Pasal D1.2a.

4d. Bukaannya pada Badan

Bukaan pada badan harus diperkuat pada semua sisi oleh *elemen pembatas menengah* melebihi lebar dan tinggi penuh panel, kecuali dibuktikan oleh pengujian dan analisis atau diizinkan oleh Pasal F5.7.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

EPH, EPV dan elemen pembatas menengah harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail tinggi*.

5b. Badan

Kekuatan geser desain panel, ϕV_n (DFBK), dan *kekuatan geser izin*, V_n/Ω (DKI), sesuai dengan keadaan batas dari pelelehan geser, harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_n = 0,42 F_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (5-1)$$

$$\phi = 0,90 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 1,67 \quad (\text{DKI})$$

keterangan

L_{cf} = jarak bersih antara sayap kolom, in. (mm)

t_w = tebal badan, in. (mm)

α = sudut dari pelelehan badan dalam derajat, diukur relatif terhadap vertikal. Sudut inklinasi, α , boleh diambil sebesar 40° , atau diizinkan dihitung sebagai berikut:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 I_c L} \right)} \quad (F5-2)$$

keterangan

A_b = luas profil EPH, in.² (mm²)

A_c = luas profil EPV, in.² (mm²)

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung DGPK harus memenuhi Pasal D1.3 dan mencakup yang berikut:

- (1) Badan DGPK
- (2) Elemen yang menghubungkan badan ke EPH dan EPV
- (3) Zona sendi plastis pada setiap ujung EPH, disepanjang daerah rentang dari muka kolom ke satu tinggi balok di luar muka kolom, atau seperti dengan cara lain disyaratkan dalam Pasal E3.5c.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las berikut adalah *las-las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las-las tumpul pada sambungan kolom

- (2) Las-las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya tarik netto akibat kombinasi beban yang mencakup beban seismik teramplifikasi, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las pada sambungan EPH-ke-EPV

6b. Sambungan EPH-ke-EPV

Sambungan EPH ke EPV harus memenuhi persyaratan Pasal E1.6.

(1) Kekuatan perlu

Kekuatan geser perlu, dari sambungan EPH-ke-EPV harus berdasarkan kombinasi beban dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku yang mencakup beban seismik teramplifikasi. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek gaya horizontal yang mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebagai geser yang dihitung dari Persamaan E1-1 bersama-sama dengan geser yang dihasilkan dari *kekuatan leleh yang diharapkan* dalam tarik dari pelelehan badan pada suatu sudut, α .

(2) Zona panel

Zona panel EPV yang berikut pada bagian atas dan dasar EPH dari DGPK harus memenuhi persyaratan Pasal E3.6e.

6c. Sambungan Badan ke Elemen Pembatas

Kekuatan perlu dari sambungan badan pada sekeliling EPH dan EPV harus sama dengan kekuatan leleh ekspektasi, dalam tarik, dari badan dihitung pada suatu sudut α .

6d. Splice Kolom

Splice kolom harus memenuhi persyaratan Pasal D2.5. Apabila las digunakan untuk membuat sambungan, las tersebut harus las tumpul penetrasi joint lengkap. Splice kolom harus dirancang menyalurkan paling sedikit 50 % dari kekuatan lentur yang terkecil yang tersedia dari komponen struktur yang disambung. Kekuatan geser perlu, V_u atau V_a , harus ditentukan dengan Persamaan F4-2a atau F4-2b.

$$V_u = \frac{\sum M_{pc}}{H_c} \quad (\text{DFBK}) \quad (\text{F4-2a})$$

atau

$$V_a = \frac{\sum M_{pc}}{1,5H_c} \quad (\text{DKI}) \quad (\text{F4-2b})$$

keterangan

$\sum M_{pc}$ = jumlah kekuatan lentur plastis nominal, $Z_c F_{yc}$, dari kolom di atas dan di bawah sambungan, kip-in. (N-mm)

H_c = tinggi bersih kolom antara sambungan balok, mencakup pelat struktur, jika ada, in. (mm)

7. Badan Berlubang

7a. Tata Letak Lubang Lingkaran yang Teratur

Pelat berlubang sesuai dengan pasal ini boleh digunakan sebagai badan dari DGPK. Badan yang berlubang harus memiliki pola lubang yang teratur berdiameter seragam dengan spasi yang sama di seluruh daerah pelat badan dengan pola berderet sehingga lubang membentuk sudut diagonal yang seragam terhadap vertikal. Tepi bukaan harus memiliki kekasaran permukaan sebesar 500 μ -in. (13 microns) atau kurang.

(1) Kekuatan

Kekuatan geser desain panel, ϕV_n (DFBK), dan kekuatan geser izin, V_n/Ω (DKI), sesuai dengan keadaan batas pelelehan geser, harus ditentukan untuk badan berlubang sebagai berikut:

$$V_n = 0,42 F_y t_w L_{cf} \left(1 - 0,7 D/S_{diag} \right) \quad (F5-3)$$

$$\phi = 0,90 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 1,67 \quad (\text{DKI})$$

keterangan

D = diameter lubang, in. (mm)

S_{diag} = jarak terpendek pusat-ke-pusat antara lubang-lubang, in. (mm)

(2) Spasi

Spasi, S_{diag} , paling sedikit harus $1,67D$.

Jarak antara lubang pertama dan sambungan badan ke EPH dan EPV paling sedikit harus sebesar D , tetapi tidak melampaui $(D + 0,7 S_{diag})$.

(3) Kekakuan

Kekakuan pelat pengisi yang berlubang secara teratur harus dihitung menggunakan ketebalan pelat efektif badan, t_{eff} , sesuai Persamaan F5-4:

$$t_{eff} = \frac{1 - \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{S_{diag}} \right)}{1 - \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{S_{diag}} \right) \left(1 - \frac{N_r D \sin \alpha}{H_c} \right)} t_w \quad (F5-4)$$

keterangan

- H_c = tinggi kolom (dan pelat badan) antara sayap-sayap balok, in. (mm)
 N_r = jumlah baris horizontal dari lubang
 t_w = tebal pelat badan, in. (mm)
 α = sudut dari sumbu-ke-sumbu terpendek dalam deretan bukaan terhadap vertikal, derajat

(4) Tegangan tarik ekspektasi efektif

Tegangan tarik ekspektasi efektif yang digunakan untuk tegangan tarik efektif sewaktu melakukan analisis sesuai Pasal F5.3 adalah $R_y F_y (1 - 0,7 D/S_{diag})$.

7b. Potongan Sudut Diperkuat

Pemotongan seperempat-lingkaran diijinkan pada sudut badan asalkan bagian badan yang tersambung ke pelat melengkung yang diperkuat mengikuti tepi dari pemotongan. Pelat harus dirancang untuk memungkinkan pengembangan kekuatan penuh dari badan solid dan mempertahankan resistensi ketika mengalami deformasi yang sesuai dengan *simpangan tingkat desain*. Ini dianggap tercapai jika kondisi berikut ini dipenuhi.

(1) Desain untuk Tarik

Pelat melengkung harus memiliki *kekuatan tersedia* untuk menahan gaya tarik aksial hasil dari gaya tarik pelat badan tanpa adanya gaya-gaya lain.

$$P_u = \frac{R_y F_y t_w R^2}{4e} \quad (\text{DFBK}) \quad (\text{F5-5a})$$

atau

$$P_a = \frac{R_y F_y t_w R^{2/1,5}}{4e} \quad (\text{DKI}) \quad (\text{F5-5b})$$

yang sesuai,

keterangan

- R = jari-jari pemotongan, in. (mm)
 R_y = rasio dari *tegangan leleh ekspektasi* terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan
 $e = R(1 - \sqrt{2}/2)$, in. (mm)

(F5-6)

EPH dan EPV harus dirancang untuk menahan gaya aksial tarik yang bekerja pada ujung tulangan yang melengkung.

(2) Desain untuk Gaya pada Sambungan Balok-ke-Kolom

Pelat yang melengkung harus memiliki kekuatan tersedia untuk menahan efek kombinasi dari gaya aksial dan momen pada bidang badan hasil dari deformasi sambungan tanpa adanya gaya-gaya lain. Gaya-gaya ini adalah:

$$P_u = \frac{15EI_y}{16e^2} \left(\frac{\Delta}{H} \right) \text{(DFBK)} \quad (\text{F5-7a})$$

atau

$$P_u = \frac{15EI_y}{1,5(16e^2)} \left(\frac{\Delta}{H} \right) \text{(DKI)} \quad (\text{F5-7b})$$

yang sesuai.

Momen adalah:

$$M_u = P_u e \text{(DFBK)} \quad (\text{F5-8a})$$

atau

$$M_a = P_a e \quad (\text{F5-8b})$$

yang sesuai,

keterangan

- E = modulus elastisitas, ksi (MPa)
- H = tinggi tingkat, in. (mm)
- I_y = momen inersia pelat di sumbu y , in.⁴ (mm⁴)
- Δ = simpangan tingkat desain, in. (mm)

BAB G

SISTEM RANGKA-MOMEN KOMPOSIT

Bab ini menjelaskan dasar desain dan persyaratan untuk analisis, persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk sistem rangka momen komposit.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- G1. Rangka Momen Biasa Komposit (RMB-K)
- G2. Rangka Momen Menengah Komposit (RMM-K)
- G3. Rangka Momen Khusus Komposit (RMK-K)
- G4. Rangka Momen Tertahan Sebagian Komposit (RMTS-K)

Catatan: Persyaratan bab ini juga diperlukan oleh *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* dan *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

G1. RANGKA MOMEN BIASA KOMPOSIT (RMB-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Biasa Komposit (RMB-K) harus dirancang menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen dengan sambungan Tertahan Penuh (TP) yang terdiri dari kolom komposit atau kolom beton bertulang dan baja struktural, komposit terbungkus beton, atau *balok komposit*.

2. Dasar Desain

RMB-K yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memiliki kapasitas deformasi inelastik minimal pada komponen struktur dan sambungan RMB-K.

Catatan: Rangka Momen Biasa Komposit, yang dapat disamakan dengan Portal Momen Biasa Beton Bertulang, hanya diperkenankan dalam kategori desain seismik B atau sesuai ASCE/SEI 7. Ini berlawanan dengan Rangka Momen Biasa baja, diizinkan pada Kategori Desain Seismik yang lebih tinggi. Persyaratan desain tersebut sepadan dengan pemberian daktilitas minimal pada komponen struktur dan sambungan.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan analisis tambahan.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem tambahan tidak ada.

5. Komponen Struktur

Persyaratan tambahan tidak ada untuk komponen struktur baja atau komponen struktur komposit di luar yang di *Spesifikasi untuk gedung baja struktural*. Kolom beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318, tidak termasuk Bab 21.

5a. Zona Terlindung

Zona terlindung tidak ada.

6. Sambungan

Sambungan harus Tertahan Penuh (TP). Sambungan harus dirancang mengikuti kombinasi beban yang berlaku seperti dijelaskan dalam Pasal B2 dan B3. *Kekuatan desain* sambungan balok-ke-kolom harus ditentukan menurut *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* dan Pasal D2.7.

6a. Las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan untuk *las kritis perlu*.

G2. RANGKA MOMEN MENENGAH KOMPOSIT (RMM-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Menengah Komposit (RMM-K) harus dirancang menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen dengan sambungan Tertahan Penuh (TP) yang terdiri dari kolom komposit atau kolom beton bertulang dan baja struktural, komposit terbungkus beton atau *balok komposit*.

2. Dasar Desain

RMM-K yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memiliki kapasitas deformasi inelastik terbatas melalui pelelehan lentur balok dan kolom RMM-K, dan pelelehan geser dari zona panel kolom. Desain sambungan dari balok ke kolom, termasuk zona panel, *pelat penerus* dan diafragma harus memberi kinerja yang disyaratkan Pasal G2.6b, dan dibuktikan memenuhi Pasal G2.6c.

Catatan: Rangka Momen Menengah Komposit (RMM-K), yang dapat disamakan dengan Rangka Momen Menengah Beton Bertulang (RMM-BB), yang hanya diizinkan pada Kategori Desain Seismik C atau sesuai ASCE/SEI 7. Ini berbeda dengan Rangka Momen Menengah Baja (RMM-B), diizinkan pada Kategori Desain Seismik yang lebih Tinggi. Persyaratan desain yang sepadan dengan memberikan daktilitas terbatas dalam komponen struktur dan sambungan.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan analisis tambahan.

4. Persyaratan Sistem

4a. Breising Stabilitas Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktil* sedang dalam Pasal D1.2a.

Sebagai tambahan, kecuali dengan cara lain ditunjukkan melalui pengujian, breis balok harus ditempatkan dekat dengan gaya terpusat, perubahan penampang balok, dan lokasi lainnya dimana analisis menunjukkan bahwa *sendi plastis* akan terjadi selama deformasi inelastik dari RMM-K tersebut.

Kekuatan perlu dari breising stabilitas disediakan berdekatan dengan sendi plastis harus seperti yang disyaratkan Pasal D1.2c.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur baja dan komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1, untuk Komponen Struktur Daktail Sedang.

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak di daerah sayap balok tidak diizinkan di daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pemangkasan lebar sayap balok tidak diizinkan, kecuali dilakukan pengujian atau kualifikasi yang membuktikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan menjamin terjadinya sendi plastis yang stabil.

5c. Zona Terlindung

Daerah di setiap ujung balok yang mengalami regangan inelastis harus dirancang sebagai *zona terlindung*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

Catatan: Zona sendi plastis pada ujung balok RMM-K harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Pada umumnya, zona terlindung tersebut sepanjang muka *kolom komposit* sebesar setengah tinggi balok di luar titik sendi plastis yang ada.

6. Sambungan

Sambungan harus Tertahan Penuh (TP) dan harus memenuhi persyaratan Pasal D2 dan Pasal ini.

Catatan: Semua sub pasal dari Pasal D2 relevan untuk RMM-K.

6a. Las-las Kritis-Perlu

Las kritis perlu tidak dibutuhkan.

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Sambungan balok-ke-kolom komposit yang digunakan pada SPGS harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Sambungan harus mampu mengakomodasi *sudut simpangan tingkat* paling sedikit 0,02 rad.
- (2) *Ketahanan lentur yang diukur* dari sambungan, ditentukan pada muka kolom, harus sebesar paling sedikit $0,80 M_p$ dari balok yang disambung pada suatu *sudut simpangan tingkat* 0,02 rad, dimana M_p didefinisikan sebagai kekuatan lentur nominal baja, balok terbungkus beton atau *balok komposit* dan harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab I .

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok-ke-kolom yang digunakan pada SPGS harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6b dengan melakukan pengujian sambungan atau perhitungan yang didukung oleh model mekanistik dan kriteria desain keadaan batas komponen konsisten dengan ketentuan ini.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dari sambungan harus berdasarkan kombinasi beban pada *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*. Pada penentuan beban seismik teramplifikasi, efek gaya horizontal termasuk kekuatan-lebih, E_{mh} , harus diambil sebesar

$$E_{mh} = 2[1,1M_{p,exp}] / L_h \quad (G2-1)$$

dimana $M_{p,exp}$ adalah kekuatan lentur ekspektasi dari baja, balok terbungkus beton atau balok komposit, kip-in. (N-mm). Untuk balok terbungkus beton atau balok komposit, $M_{p,exp}$ harus dihitung menggunakan distribusi tegangan plastis atau metode kompatibilitas regangan. Faktor R_y yang sesuai harus digunakan untuk elemen-elemen yang berbeda dari profil melintang yang menetapkan keseimbangan gaya dan perhitungan kekuatan lentur. L_h harus sama dengan jarak antara lokasi sendi plastis balok, in. (mm).

Catatan: Untuk balok baja, $M_{p,exp}$ dalam Persamaan G2-1 boleh diambil sebesar $R_y M_p$ dari balok.

6e. Pelat Diafragma Penyambung

Pelat diafragma penyambung diperbolehkan untuk *kolom komposit terisi beton*, baik eksternal untuk kolom atau internal untuk kolom.

Bila pelat diafragma digunakan, ketebalan pelat harus paling sedikit setebal sayap balok.

Pelat diafragma harus dilas sekeliling keseluruhan perimeter kolom menggunakan las penetrasi joint lengkap atau las sudut di dua sisi. Kekuatan perlu dari joint-joint ini tidak boleh lebih kecil dari *kekuatan tersedia* dari daerah kontak pelat dengan sisi-sisi kolom.

Diafragma internal harus memiliki bukaan bundar yang cukup untuk mencorkan beton.

6f. Splice Kolom

Selain persyaratan Pasal D2.5, splice kolom harus memenuhi persyaratan pasal ini. Apabila las tumpul digunakan untuk membuat splice, las-las ini harus las tumpul penetrasi joint lengkap. Apabila splice kolom tidak dilakukan dengan las tumpul, maka splice harus memiliki *kekuatan lentur perlu* yang paling sedikit sama dengan kekuatan lentur nominal, M_{pcc} , dari kolom komposit terkecil. Kekuatan geser perlu dari splice

badan kolom harus paling sedikit sama dengan $\sum M_{pcc} / H$, dimana $\sum M_{pcc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal dari kolom komposit di atas dan di bawah splice. Untuk kolom komposit, kekuatan lentur nominal harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi*

untuk bangunan gedung baja struktural Bab I dengan memperhitungkan kekuatan aksial perlu, P_{rc} .

G3. RANGKA MOMEN KHUSUS KOMPOSIT (RMK-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka Momen Khusus Komposit (RMK-K) harus dirancang menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen dengan sambungan tertahan penuh (TP) yang terdiri dari kolom komposit atau kolom beton bertulang dan baik baja struktural atau komposit terbungkus beton, atau *balok komposit*.

2. Dasar Desain

RMK-K yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan dapat memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan melalui pelelehan lentur balok RMK-K dan pelelehan terbatas dari zona panel kolom. Kecuali dinyatakan diizinkan dalam pasal ini, kolom harus dirancang untuk menjadi umumnya lebih kuat dari leleh penuh dan pengerasan regangan balok atau balok induk. Kolom-kolom yang mengalami leleh lentur pada dasar harus diizinkan. Desain sambungan balok ke kolom, termasuk zona panel, *pelat penerus* dan diafragma harus memberi kinerja yang disyaratkan Pasal G3.6b, dan menunjukkan kesesuaian ini seperti disyaratkan Pasal G3.6c.

3. Analisis

Persyaratan analisis tambahan tidak ada.

4. Persyaratan Sistem

4a. Rasio Momen

Hubungan berikut harus dipenuhi pada sambungan balok-ke-kolom:

$$\frac{\sum M_{pcc}^*}{\sum M_{p,exp}^*} > 1,0 \quad (G3-1)$$

keterangan

$\sum M_{pcc}^*$ = jumlah momen-momen pada kolom di atas dan di bawah joint pada perpotongan sumbu balok dan kolom, kip-in (N-mm). $\sum M_{pcc}^*$ yang ditentukan dengan menjumlahkan proyeksi dari kekuatan lentur nominal, M_{pcc} , dari kolom (mencakup voute apabila digunakan) di atas dan di bawah joint pada sumbu balok dengan mengurangi gaya aksial pada kolom. Untuk *kolom komposit*, kekuatan lentur nominal, M_{pcc} harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab I dengan memperhitungkan kekuatan aksial perlu, P_{rc} . Untuk kolom beton bertulang, kekuatan lentur nominal, M_{pcc} , harus dihitung berdasarkan ketentuan ACI 318 dengan memperhitungkan kekuatan aksial perlu, P_{rc} . Apabila sumbu balok yang berhadapan pada

joint yang sama tidak segaris, digunakan sumbu tengah-tengah antara kedua sumbu balok.

$\sum M_{p,exp}^*$ = jumlah dari momen-momen pada balok baja atau *balok komposit terbungkus* beton pada perpotongan sumbu balok dan sumbu kolom, kip-in. (N-mm). $\sum M_{p,exp}^*$ ditentukan dengan menjumlahkan kekuatan lentur ekspektasi balok pada lokasi *sendi plastis* ke sumbu kolom. Hal ini diizinkan untuk menggunakan $\sum M_{p,exp}^* = \sum (1,1M_{p,exp} + M_{uv})$, dimana $M_{p,exp}$ dihitung seperti disyaratkan Pasal G2.6d.

M_{uv} = momen akibat amplifikasi geser dari lokasi *sendi plastis* ke sumbu kolom.

Pengecualian: Pengecualian dari Pasal E3.4a harus berlaku kecuali bahwa batas gaya dalam Pasal E3.4a harus $P_{rc} < 0,1P_c$.

4b. Breising Stabilitas Balok

Balok harus terbreis agar memenuhi persyaratan untuk *komponen struktur daktail tinggi* dalam Pasal D1.2b.

Sebagai tambahan, kecuali ditunjukkan oleh pengujian, breis balok harus ditempatkan dekat dengan gaya terpusat, pada perubahan penampang, dan lokasi-lokasi lainnya dimana analisis menunjukkan bahwa *sendi plastis* akan terbentuk saat terjadi deformasi inelastik dari RMK-K tersebut.

Kekuatan perlu dari breising stabilitas yang tersedia berdekatan dengan *sendi plastis* harus seperti disyaratkan Pasal D1.2c.

4c. Breising Stabilitas pada Sambungan Balok-ke-Kolom

Kolom komposit dengan sambungan tanpa berbreis harus memenuhi persyaratan Pasal E3.4c(2).

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Komponen struktur baja dan komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur tinggi.

Pengecualian: Balok terbungkus beton bertulang harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur sedang* jika selimut beton bertulang paling sedikit sebesar 2 in. (50 mm) dan pengekan diberikan oleh tulangan sengkang tertutup pada daerah dimana *sendi plastis* diharapkan terjadi akibat deformasi seismik. Tulangan sengkang tertutup harus memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 21.5.3.

Balok komposit terbungkus beton yang merupakan bagian RMK-K juga harus memenuhi persyaratan yang berikut. Jarak dari serat tekan beton ke sumbu netral plastis maksimum tidak boleh melampaui:

$$Y_{PNA} = \frac{Y_{con} + d}{1 + \left(\frac{1700F_y}{E} \right)} \quad (G3-2)$$

keterangan

E = modulus elastis dari balok baja, ksi (MPa)

F_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari balok baja, ksi (MPa)

Y_{con} = jarak dari bagian paling atas balok baja ke bagian paling atas beton, in. (mm)

d = tinggi balok keseluruhan, in. (mm)

5b. Sayap Balok

Perubahan mendadak pada daerah sayap balok tidak boleh dalam daerah sendi plastis. Pengeboran lubang pada sayap atau pengurangan lebar sayap balok tidak diizinkan kecuali dilakukan pengujian atau kualifikasi yang membuktikan bahwa konfigurasi yang dihasilkan dapat mengembangkan sendi plastis stabil dengan mengakomodasi *sudut simpangan tingkat* yang disyaratkan.

5c. Zona Terlindung

Daerah pada setiap ujung balok yang menahan regangan inelastik harus ditetapkan sebagai suatu *zona terlindung*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3.

Catatan: Zona sendi plastis pada ujung balok RMK-K harus diperlakukan sebagai zona terlindung. Pada umumnya, zona terlindung harus diperpanjang dari muka kolom komposit ke setengah tinggi balok disekitar titik sendi plastis.

6. Sambungan

Sambungan harus tertahan penuh (TP) dan harus memenuhi persyaratan Pasal D2 dan pasal ini.

Catatan: Semua subpasal Pasal D2 berlaku untuk RMK-K.

6a. Las Kritis Perlu

Las-las berikut merupakan *las-las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik netto akibat kombinasi beban termasuk *beban seismik teramplifikasi*, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las tumpul penetrasi joint lengkap dari sayap balok ke kolom, pelat-pelat diafragma yang bekerja sebagai suatu kontinuitas dari sayap balok, pelat geser di dalam ketinggian gelagar yang merupakan penyalur dari gelagar ke sebuah profil baja terbungkus beton, dan badan balok ke kolom.

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Sambungan balok-ke-kolom komposit yang digunakan dalam SPGS harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Sambungan harus mampu menyesuaikan suatu sudut simpangan tingkat paling sedikit 0,04 rad.
- (2) *Ketahanan lentur yang diukur* dari sambungan, ditentukan pada muka kolom, harus paling sedikit sama dengan $0,80 M_p$ dari balok yang disambung pada sudut simpangan tingkat 0,04 rad, dimana M_p dihitung sesuai Pasal G2.6b.

6c. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok-ke-kolom komposit yang digunakan dalam SPGS harus memenuhi persyaratan Pasal G3.6b dengan yang berikut:

- (a) Bila balok terganggu pada sambungan, sambungan harus memenuhi syarat dengan menggunakan hasil uji yang diperoleh sesuai dengan Pasal K2. Hasil-hasil uji sambungan paling sedikit dua siklus harus tersedia, dan harus berdasarkan satu dari yang berikut:
 - (i) Pengujian dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian terdokumentasi dilakukan untuk proyek-proyek lain yang mewakili kondisi proyek, dalam batas yang disyaratkan dalam K2.
 - (ii) Pengujian yang dilakukan khusus untuk proyek tersebut dan mewakili ukuran komponen struktur proyek, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses sambungan yang sesuai, dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.
- (b) Bila balok tidak memiliki sambungan atau menerus melalui kolom komposit atau kolom beton bertulang, joint yang dilakukan dengan las pada sayap balok tidak digunakan, dan sambungan tersebut tidak dinyatakan rentan terhadap retak prematur, persyaratan kinerja Pasal G3.6b harus dibuktikan sesuai dengan (a), atau lainnya yang memperkuat data.

Sambungan yang mengakomodasi *sudut simpangan tingkat* yang disyaratkan dalam elemen sambungan dan memberi *ketahanan lentur terukur* dan kekuatan geser yang disyaratkan dalam Pasal G3.6d adalah diizinkan. Selain memenuhi persyaratan yang disebut di atas, desain harus menunjukkan bahwa setiap simpangan tambahan akibat deformasi sambungan dapat diakomodasikan oleh struktur. Desain harus meliputi analisis untuk efek stabilitas dari rangka secara keseluruhan, termasuk efek orde kedua.

6d. Kekuatan Geser Perlu

Kekuatan geser perlu dari sambungan, V_u , harus berdasarkan kombinasi beban dalam *peraturan bangunan gedung yang berlaku* yang mencakup beban seismik teramplifikasi. Dalam penentuan beban seismik teramplifikasi, efek gaya horizontal yang mencakup kekuatan-lebih, E_{mh} harus diambil sebesar:

$$E_{mh} = 2[1,1M_{p,exp}] / L_h \quad (G3-3)$$

dimana $M_{p,exp}$ adalah kekuatan lentur ekspektasi baja, balok terbungkus beton atau balok komposit. Untuk balok terbungkus beton atau balok komposit, $M_{p,exp}$ harus dihitung sesuai dengan Pasal G2.6d, dan L_h harus sama dengan jarak antara lokasi sendi plastis balok, in. (mm).

6e. Pelat Diafragma Penyambung

Pelat penerus atau diafragma yang digunakan untuk sambungan momen kolom terisi beton harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6e.

6f. Splice Kolom

Sambungan kolom komposit harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6f.

G4. RANGKA MOMEN TERTAHAN SEBAGIAN KOMPOSIT (RMTS-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka momen tertahan sebagian komposit (RMTS-K) harus dirancang menurut pasal ini. Pasal ini berlaku untuk rangka momen yang terdiri dari kolom baja struktural dan *balok komposit* yang disambungkan dengan sambungan momen tertahan sebagian (TS) yang memenuhi persyaratan dalam *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal B3.6b(b).

2. Dasar Desain

RMTS-K yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan dapat memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan melalui pelelehan pada komponen daktail dari sambungan momen balok-ke-kolom komposit TS. Pelelehan terbatas boleh pada lokasi-lokasi lainnya, seperti pelelehan lentur dari kolomizinkan pada dasar. Desain sambungan balok ke kolom harus berdasarkan pada uji sambungan yang memberi kinerja yang disyaratkan Pasal G4.6c, dan kesesuaian ini dibuktikan seperti yang disyaratkan Pasal G4.6d.

3. Analisis

Sambungan fleksibel dan aksi balok komposit harus dihitung untuk menentukan karakteristik, kekuatan dan simpangan dinamis RMTS-K.

Untuk tujuan analisis, kekakuan balok harus ditentukan dengan momen inersia efektif penampang komposit.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem tambahan tidak ada.

5. Komponen Struktur

5a. Kolom

Kolom baja harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail tinggi*.

5b. Balok

Balok komposit boleh tidak terbungkus beton, komposit penuh dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktail tinggi. Pelat solid harus tersedia untuk jarak 12 in. (300 mm) dari muka kolom dalam arah penyalur momen.

5c. Zona Terlindung

Zona terlindung tidak ada.

6. Sambungan

Sambungan harus tertahan sebagian (TS) dan harus memenuhi persyaratan Pasal D2 dan pasal ini.

Catatan: Semua subpasal Pasal D2 adalah relevan untuk RMTS-K.

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las kritis perlu*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las-las pada sambungan pelat dasar ke kolom.

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik netto akibat kombinasi beban termasuk *beban seismik teramplifikasi*, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

6b. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu dari sambungan momen TS balok-ke-kolom harus ditentukan dengan memperhitungkan efek fleksibilitas sambungan dan momen orde ke dua.

6c. Sambungan Balok-ke-Kolom

Sambungan balok-ke-kolom komposit yang digunakan pada SPGS harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Sambungan harus mampu mengakomodasi rotasi sambungan paling sedikit sebesar 0,02 rad.
- (2) Ketahanan lentur yang diukur dari sambungan ditentukan di muka kolom akan meningkat secara monoton dengan nilai minimal $0,5M_p$ dari balok yang disambung pada rotasi sambungan 0,02 rad, dimana M_p adalah didefinisikan sebagai kekuatan lentur nominal dari balok baja dan harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab I.

6d. Pembuktian Kesesuaian

Sambungan balok-ke-kolom yang digunakan pada SPGS harus memenuhi persyaratan Pasal G4.6c dengan ketentuan kualifikasi hasil uji siklus menurut Pasal K2. Hasil uji sambungan paling sedikit dua siklus harus tersedia, dan harus berdasarkan satu dari yang berikut:

- (a) Pengujian dilaporkan dalam literatur penelitian atau pengujian terdokumentasi dilakukan untuk proyek-proyek lainnya yang mewakili kondisi proyek, dalam batas yang disyaratkan Pasal K2.
- (b) Pengujian yang dilakukan secara khusus untuk proyek dan yang mewakili ukuran komponen struktur proyek, kekuatan material, konfigurasi sambungan, dan proses sambungan yang sesuai, dalam batas yang disyaratkan oleh Pasal K2.

6e. Splice Kolom

Splice kolom harus memenuhi persyaratan Pasal G2.6f.



BAB H

SISTEM RANGKA TERBREIS KOMPOSIT DAN SISTEM DINDING GESER

Bab ini memberikan dasar desain dan persyaratan untuk analisis, persyaratan untuk sistem, komponen struktur dan sambungan untuk rangka terbreis komposit dan sistem dinding geser.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- H1. Rangka Terbreis Biasa Komposit (RTB-K)
- H2. Rangka Terbreis Konsentris Khusus Komposit (RTKK-K)
- H3. Rangka Terbreis Eksentris Komposit (RTE-K)
- H4. Dinding Geser Biasa Komposit (DGB-K)
- H5. Dinding Geser Khusus Komposit (DGK-K)
- H6. Dinding Geser Pelat Komposit (DGP-K)

Catatan: Persyaratan bab ini merupakan tambahan yang disyaratkan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* dan *peraturan bangunan gedung yang berlaku*.

H1. RANGKA TERBREIS BIASA KOMPOSIT (RTB-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka terbreis biasa komposit (RTB-K) harus dirancang menurut pasal ini. Kolom-kolom harus baja struktural, komposit terbungkus beton, komposit terisi beton atau komponen struktur beton bertulang. Balok harus baja struktural atau *balok komposit*. Breis harus baja struktural atau komponen struktur komposit terisi beton. Bab ini berlaku untuk *rangka terbreis* yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris dimana setidaknya satu dari elemen (kolom, balok atau breis) adalah suatu komponen struktur komposit atau komponen struktur beton bertulang.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diizinkan jika mereka diperhitungkan dalam desain komponen struktur dalam penentuan momen eksentris.

RTB-K yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan memberi deformasi inelastik terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya. RTB-K harus memenuhi persyaratan Pasal F1, kecuali seperti dimodifikasi dalam pasal ini.

Catatan: Rangka terbreis biasa komposit, sebanding dengan rangka terbreis baja lainnya yang dirancang dengan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* menggunakan $R = 3$, hanya diizinkan dalam Desain Seismik kategori C atau sesuai ASCE/SEI 7. Ini berbeda dengan rangka baja terbreis biasa, diizinkan dalam kategori desain seismik lebih tinggi. Persyaratan desain sepadan dengan pemberian daktilitas minimal dalam komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungan.

3. Analisis

Tidak ada persyaratan analisis tambahan.

SNI 7860:2015

4. Persyaratan Sistem

Tidak ada persyaratan sistem tambahan.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Tidak ada persyaratan tambahan .

5b. Kolom

Persyaratan tambahan untuk baja struktural dan *kolom komposit* tidak ada. Kolom beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318, tidak termasuk Bab 21.

5c. Breis

Tidak ada persyaratan tambahan untuk baja struktural dan *breis komposit* terisi beton.

5d. Zona Terlindung

Tidak ada *Zona terlindung*.

6. Sambungan

Sambungan harus memenuhi persyaratan Pasal D2.7.

6a. Las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan untuk *las kritis-perlu*.

H2. RANGKA TERBREIS KONSENTRIS KHUSUS KOMPOSIT (RTKK-K)

1. Ruang Lingkup

Rangka terbreis konsentris khusus komposit (RTKK-K) harus dirancang menurut pasal ini. Kolom harus terbungkus beton atau komposit terisi beton. Balok harus baja struktural atau balok komposit. Breis harus baja struktural atau komponen komposit terisi beton. Pasal ini berlaku untuk *rangka terbreis* yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris.

2. Dasar Desain

Pasal ini berlaku untuk rangka terbreis yang terdiri dari komponen struktur yang disambung secara konsentris. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diizinkan jika komponen struktur dan gaya sambungan yang dihasilkan dibahas dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastis ekspektasi.

RTKK-K yang dirancang menurut ketentuan ini diharapkan dapat memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan terutama melalui tekuk breis dan pelelehan dari breis dalam tarik.

3. Analisis

Persyaratan analisis untuk RTKK-K harus memenuhi persyaratan analisis Pasal F2.3.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem untuk RBKK-K harus memenuhi persyaratan sistem Pasal F2.4.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

Kolom komposit dan *breis baja* atau *breis komposit* harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktil tinggi*. Balok baja atau balok komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktil sedang*.

Catatan: Dalam rangka memenuhi persyaratan kekompakan Pasal F2.5a rasio ketebalan terhadap lebar aktual dari breis komposit terisi beton bujur sangkar dan persegi panjang dapat dikalikan dengan suatu faktor, $[(0,264 + 0,0082KL/r)]$, untuk KL/r antara 35 dan 90, KL/r menjadi rasio kelangsingan efektif dari breis.

5b. Breis Diagonal

Breis baja struktural dan breis komposit terisi beton harus memenuhi persyaratan RTKK-K Pasal F2.5b. Radius girasi dalam Pasal F2.5b harus diambil seperti yang dari penampang baja saja.

5c. Zona Terlindung

Tidak ada *Zona terlindung*.

6. Sambungan

Perancangan sambungan pada RBKK-K harus berdasarkan Pasal D2 dan ketentuan-ketentuan pasal ini.

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las-las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik netto akibat kombinasi beban termasuk *beban seismik teramplifikasi*, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las pada sambungan balok-ke-kolom sesuai dengan Pasal H2.6b(b)

6b. Sambungan Balok-ke-Kolom

Bila breis atau pelat buhul disambungkan ke kedua komponen struktur pada sambungan balok-ke-kolom, sambungan harus sesuai dengan satu dari yang berikut:

- (a) Sambungan harus sambungan yang sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal B3.6a dimana rotasi yang disyaratkan diambil 0,025 radian; atau
- (b) Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi persyaratan untuk sambungan momen tertahan penuh (TP) seperti disyaratkan dalam Pasal D2, G2.6d, dan G2.6e.

Kekuatan lentur perlu dari sambungan harus ditentukan dari analisis dan diperhitungkan dalam kombinasi dengan *kekuatan perlu* dari sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya *kolektor* diafragma teramplifikasi.

6c. Kekuatan Perlu Sambungan Breis

Kekuatan perlu sambungan breis harus memenuhi persyaratan Pasal F2.6c.

6d. *Splice* Kolom

Splice kolom harus dirancang sesuai persyaratan Pasal G2.6f.

H3. RANGKA TERBREIS EKSENTRIS KOMPOSIT (RTE-K)

1. Ruang Lingkup

RTE-K harus dirancang menurut pasal ini. Kolom harus komposit terbungkus beton atau komposit terisi beton. Balok harus baja struktural atau *balok komposit*. *Elemen perangkai* harus baja struktural. Breis harus komponen baja struktural atau komponen komposit terisi beton. Pasal ini berlaku untuk *rangka terbreis* dimana ujung yang satu dari setiap breis memotong balok pada suatu eksentrisitas dari perpotongan dari sumbu balok dan suatu breis yang berdekatan atau kolom.

2. Dasar Desain

RTE-K harus memenuhi persyaratan pasal F3.2, kecuali seperti dimodifikasi dalam pasal ini.

Pasal ini berlaku pada rangka terbreis untuk ujung yang satu dari setiap breis yang memotong balok pada suatu eksentrisitas dari perpotongan sumbu balok dan breis yang berdekatan atau kolom, membentuk elemen perangkai yang menahan geser dan lentur. Eksentrisitas yang kurang dari kedalaman balok diizinkan pada sambungan breis sepanjang dari elemen perangkai jika komponen struktur dan gaya sambungan yang dihasilkan dibahas dalam desain dan tidak mengubah sumber kapasitas deformasi inelastik yang diharapkan.

RTE-K yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan terutama melalui pelelehan geser atau lentur pada elemen perangkai.

Kekuatan tersedia dari komponen struktur harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*, kecuali seperti dimodifikasi dalam pasal ini.

3. Analisis

Analisis RTE-K harus memenuhi persyaratan analisis dari Pasal F3.3.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem untuk RTE-K harus memenuhi persyaratan sistem Pasal F3.4.

5. Komponen Struktur

Persyaratan komponen struktur dari RTE-K harus memenuhi persyaratan komponen struktur Pasal F3.5.

6. Sambungan

Persyaratan sambungan RTE-K harus memenuhi persyaratan sambungan Pasal F3.6 kecuali seperti dicatat di bawah.

6a. Sambungan Balok-ke-Kolom

Apabila suatu breis atau pelat buhul terhubung ke kedua komponen struktur pada sambungan balok-ke-kolom, sambungan harus sesuai dengan salah satu dari berikut:

- (a) Sambungan harus sambungan sederhana yang memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal B3.6a dimana rotasi perlu diambil sebesar 0,025 radian; atau
- (b) Sambungan balok-ke-kolom harus memenuhi persyaratan untuk sambungan momen tertahan penuh (TP) seperti disyaratkan dalam Pasal D2 dan G2.6d, dan G2.6e.

Kekuatan lentur perlu dari sambungan harus ditentukan dari analisis dan dianggap dalam kombinasi dengan *kekuatan perlu* dari sambungan breis dan sambungan balok, termasuk gaya *kolektor* diafragma teramplifikasi.

H4. DINDING GESER BIASA KOMPOSIT (DGB-K)

1. Ruang Lingkup

Dinding geser biasa komposit (DGB-K) harus dirancang menurut pasal ini. Pasal ini berlaku apabila dinding beton bertulang adalah komposit dengan elemen baja struktural, termasuk baja struktural atau penampang komposit yang bekerja sebagai *komponen struktur pembatas* untuk dinding dan balok baja struktural atau *balok kopel* komposit yang menghubungkan dua atau lebih dinding beton bertulang yang bersebelahan.

2. Dasar Desain

DGB-K yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan memberi kapasitas deformasi inelastik terbatas melalui pelelehan pada dinding beton bertulang dan elemen baja atau elemen komposit. Elemen dinding beton bertulang harus dirancang memberi deformasi inelastik pada *simpangan tingkat desain* konsisten dengan ACI 318 tidak termasuk Bab 21. Baja struktural dan balok kopel komposit harus dirancang memberi deformasi inelastik pada simpangan tingkat desain melalui

pelelehan dalam lentur atau geser. Elemen baja struktural dan elemen pembatas komposit harus dirancang memberi deformasi inelastik pada simpangan tingkat desain melalui pelelehan akibat gaya aksial.

Dinding beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318 tidak termasuk Bab 21, kecuali seperti dimodifikasi dalam pasal ini.

3. Analisis

Analisis harus memenuhi persyaratan Bab C seperti dimodifikasi dalam pasal ini.

- (1) Nilai kekakuan efektif tanpa retak untuk analisis elastis harus ditetapkan menurut ACI 318 Bab 10 untuk dinding dan balok kopel komposit.
- (2) Apabila fungsi *profil terbungkus beton* sebagai komponen struktur pembatas, analisis harus berdasarkan suatu penampang beton yang ditransformasikan menggunakan properti material elastis.
- (3) Fleksibilitas dari sambungan antara balok kopel dan dinding dan efek distorsi geser dari balok kopel dan dinding harus diperhitungkan.

4. Persyaratan Sistem

Pada *dinding kopel*, balok kopel diizinkan untuk meleleh sepanjang tinggi dari struktur. Sambungan dinding-balok kopel harus menyalurkan kekuatan lentur dan geser ekspektasi dari balok kopel.

Pada dinding penghubung, boleh mendistribusikan gaya vertikal balok kopel ke lantai yang berdekatan. Geser pada tiap balok kopel individu tidak boleh direduksi lebih dari 20 % dari nilai yang ditentukan secara elastis. Jumlah ketahanan geser balok kopel sepanjang tinggi dari bangunan gedung harus lebih besar dari atau sama dengan jumlah dari nilai yang ditentukan secara elastis.

5. Komponen Struktur

5a. Komponen Struktur Pembatas

Komponen struktur pembatas harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) *Kekuatan aksial perlu* dari komponen struktur pembatas harus ditentukan dengan asumsi bahwa gaya geser yang disalurkan melalui dinding beton bertulang, dan keseluruhan gravitasi serta gaya guling disalurkan melalui komponen struktur pembatas bersama-sama dengan dinding geser.
- (2) Apabila komponen struktur pembatas dari baja struktural terbungkus beton memenuhi syarat sebagai suatu *kolom komposit* seperti dijelaskan dalam *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab I, maka harus dirancang sebagai kolom komposit untuk memenuhi persyaratan Bab I *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*.
- (3) Paku geser berkepala atau angkur tulangan dilas harus memberi penyaluran kekuatan geser perlu antara komponen struktur pembatas baja struktural dan dinding beton bertulang. Paku geser berkepala, jika digunakan, harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab I. Angkur

tulangan dilas, jika digunakan, harus memenuhi persyaratan *Structural Welding Code-Reinforcing Steel* (AWS D1.4/D1.4M)

5b. Balok Kopel

(1) Balok Kopel Baja Struktural

Balok kopel baja struktural yang digunakan antara dinding beton bertulang yang bersebelahan harus memenuhi persyaratan dari *Spesifikasi* dan pasal ini. Persyaratan berikut berlaku untuk lebar sayap balok kopel baja.

- (1) Balok kopel baja harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktail sedang*.
- (2) Kekuatan geser ekspektasi, V_n , dari balok kopel baja harus dihitung dari Persamaan H4-1.

$$V_n = \frac{2R_y M_p}{g} \leq R_y V_p \quad (\text{H4-1})$$

keterangan

A_{tw} = luas badan balok baja, in.² (mm²)

$M_p = F_y Z$, kip-in. (N-mm)

V_n = kekuatan geser ekspektasi dari balok kopel baja, kips (N)

$V_p = 0,6 F_y A_{tw}$, kips (N)

g = bentang bersih balok kopel, in. (mm)

- (3) Panjang yang tertanam, L_e , harus dihitung dari Persamaan H4-2 dan H4-2M. Panjang yang tertanam harus dihitung mulai bagian dalam lapis pertama tulangan pengekang dalam komponen struktur pembatas dinding.

$$V_n = 1,54 \sqrt{f'_c} \left(\frac{b_w}{b_f} \right)^{0,66} \beta_1 b_f L_e \left[\frac{0,58 - 0,22 \beta_1}{0,88 + g/2L_e} \right] \quad (\text{H4-2})$$

$$V_n = 0,004 \sqrt{f'_c} \left(\frac{b_w}{b_f} \right)^{0,66} \beta_1 b_f L_e \left[\frac{0,58 - 0,22 \beta_1}{0,88 + g/2L_e} \right] \quad (\text{S.I.}) \quad (\text{H4-2M})$$

keterangan

L_e = panjang yang tertanam dari balok kopel, in. (mm)

b_w = ketebalan dinding, in. (mm)

b_f = lebar sayap balok, in. (mm)

f'_c = kekuatan tekan beton yang disyaratkan, ksi (MPa)

β_1 = faktor sehubungan dengan tinggi dari blok tegangan tekan persegi panjang ekuivalen terhadap kedalaman sumbu netral, seperti dijelaskan ACI 318.

- (4) Tulangan dinding vertikal dengan *kekuatan aksial nominal* sama dengan kekuatan geser ekspektasi balok kopel harus berada disepanjang panjang balok yang tertanam dengan dua-pertiga dari baja terletak di paruh pertama dari panjang yang tertanam. Tulangan dinding ini harus diperpanjang dengan jarak paling sedikit satu panjang penyaluran tarik di atas dan di bawah sayap balok kopel. Boleh menggunakan tulangan vertikal yang ditempatkan untuk tujuan lain, seperti untuk komponen struktur pembatas vertikal, sebagai bagian dari tulangan vertikal yang diperlukan.

(2) Balok Kopel Komposit

Penampang komposit terbungkus beton yang berperilaku seperti balok kopel harus memenuhi persyaratan Pasal H4.5b(1) seperti yang dimodifikasi dalam pasal ini:

- (1) Balok kopel harus memiliki panjang yang tertanam ke dinding beton bertulang secara cukup untuk mengembangkan kekuatan geser ekspektasi, $V_{n,comp}$, dihitung dari Persamaan H4-3.

$$V_{n,comp} = \frac{2M_{p,exp}}{g} \leq V_{comp} \quad (H4-3)$$

keterangan

$M_{p,exp}$ = kekuatan lentur ekspektasi dari balok kopel komposit, kip-in. (N-mm). Untuk balok terbungkus beton atau *balok komposit*, $M_{p,exp}$ harus dihitung menggunakan distribusi tegangan plastis atau metode kompaktibilitas regangan. Faktor R_y yang sesuai harus digunakan untuk penampang elemen yang berbeda dengan mempertahankan keseimbangan gaya penampang dan memperhitungkan kekuatan lentur.

V_{comp} = kekuatan geser ekspektasi batas dari balok kopel komposit terbungkus beton dihitung dengan Persamaan H4-4 dan H4-4M, kips (N)

$$V_{comp} = R_y V_p + \left(2\sqrt{f'_c} b_{wc} d_c + \frac{A_s F_{ysr} d_c}{s} \right) \quad (H4-4)$$

$$V_{comp} = R_y V_p + \left(0,166\sqrt{f'_c} b_{wc} d_c + \frac{A_s F_{ysr} d_c}{s} \right) (S.I.) \quad (H4-4M)$$

keterangan

A_s = luas tulangan transversal, in.² (mm²)

- F_{ysr} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tulangan transversal, ksi (MPa)
 b_{wc} = lebar selongsong beton, in. (mm)
 d_c = tinggi efektif dari selongsong beton
 s = spasi dari tulangan transversal, in. (mm)

(2) Panjang tertanam yang diperlukan harus dihitung dari Persamaan H4-2 dan H4-2M dengan menggunakan $V_{n,comp}$ sebagai ganti V_n .

5c. Zona Terlindung

Tidak ada *Zona terlindung*.

6. Sambungan

Tidak ada persyaratan tambahan di luar Pasal H4.5.

6a. Las Kritis Perlu

Tidak ada persyaratan untuk *las kritis perlu*.

H5. DINDING GESER KHUSUS KOMPOSIT (DGK-K)

1. Ruang Lingkup

Dinding geser khusus komposit (DGK-K) harus dirancang menurut pasal ini. Pasal ini berlaku bila dinding beton bertulang adalah komposit dengan elemen baja struktural, termasuk baja struktural atau penampang komposit yang bekerja sebagai *komponen struktur pembatas* untuk dinding dan balok baja struktural atau *balok kopel* komposit yang menyambungkan dua atau lebih dinding beton bertulang yang bersebelahan.

2. Dasar Desain

DGK-K yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan dapat memberi kapasitas deformasi inelastik signifikan melalui pelelehan dalam dinding beton bertulang dan elemen baja atau elemen komposit. Elemen dinding beton bertulang harus dirancang memberi deformasi inelastik pada *simpangan tingkat desain* konsisten dengan ACI 318 termasuk Bab 21. Balok baja struktural dan balok kopel komposit harus dirancang memberi deformasi inelastik pada simpangan tingkat desain melalui pelelehan dalam lentur atau geser. Sambungan balok kopel dan desain dari dinding harus dirancang dengan memperhitungkan kekuatan yang diharapkan termasuk pengerasan regangan dalam balok kopel. Baja struktural dan elemen pembatas komposit harus dirancang memberi deformasi inelastik pada simpangan tingkat desain melalui pelelehan akibat gaya aksial.

Sistem DGK-K harus memenuhi persyaratan Pasal H4 dan persyaratan dinding geser dari ACI 318 termasuk Bab 21, kecuali seperti dimodifikasi dalam pasal ini.

3. Analisis

Persyaratan analisis dari Pasal H4.3 harus dipenuhi dengan pengecualian yang berikut:

- (1) Nilai kekakuan efektif retak untuk analisis elastis harus ditetapkan menurut ACI 318 Chapter 10 practice for wall piers and composite coupling beams.
- (2) Efek distorsi geser balok kopel baja harus diperhitungkan.

4. Persyaratan Sistem

Persyaratan sistem Pasal H4.4 harus dipenuhi dengan pengecualian yang berikut:

- (1) Pada *sepasang dinding*, balok kopel akan leleh di sepanjang tinggi struktur diikuti dengan pelelehan pada dasar pilar dinding.
- (2) Pada *sepasang dinding*, *kekuatan desain* aksial dinding dengan kondisi seimbang, P_b , akan sama atau melampaui total kekuatan aksial tekan yang diperlukan pada pilar dinding, dihitung sebagai jumlah dari *kekuatan perlu* yang disebabkan dinding dari komponen beban gravitasi dari kombinasi beban lateral ditambah jumlah dari kekuatan geser balok ekspektasi ditingkatkan dengan faktor 1,1 untuk menggambarkan efek pengerasan regangan $(1,1R_yV_n)$ pada semua balok kopel yang merangka ke dinding.

5. Komponen Struktur

5a. Elemen Daktil

Balok kopel adalah zona terlindung, dan harus memenuhi persyaratan Pasal D1.3. Pengelasan pada balok kopel baja diizinkan untuk pengikatan pengaku, seperti yang disyaratkan Pasal F3.5b(4).

5b. Komponen Struktur Pembatas

Kolom baja struktural yang tidak terbungkus beton harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktil tinggi* dan Pasal H4.5a(1).

Selain persyaratan Pasal H4.3(2) dan H4.5a(2), persyaratan dalam pasal ini berlaku untuk dinding dengan komponen struktur pembatas baja struktural terbungkus beton. Komponen struktur pembatas baja struktural terbungkus beton yang memenuhi syarat sebagai *kolom komposit* dalam *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab I harus memenuhi persyaratan komponen struktur daktil tinggi Pasal D1.4b(2). Dengan cara lain, komponen struktur tersebut harus dirancang seperti komponen struktur tekan komposit yang memenuhi persyaratan ACI 318 Pasal 10.13 termasuk persyaratan gempa khusus untuk komponen struktur pembatas dalam ACI 318 Pasal 21.9.6. Tulangan transversal untuk pengekan dari komponen struktur pembatas komposit harus diperpanjang sejarak $2h$ masuk ke dinding, dimana h adalah tinggi keseluruhan komponen struktur pembatas dalam bidang dinding.

Paku geser berkepala atau angkur yang memperkuat las harus disediakan seperti disyaratkan dalam Pasal H4.5a(3).

5c. Balok Kopel Baja

Selain persyaratan Pasal H4.5b, balok kopel baja struktural harus memenuhi persyaratan Pasal F3.5b. Apabila disyaratkan dalam Pasal F3.5b(4), rotasi balok kopel harus diasumsikan sebagai rotasi elemen perangkat sebesar 0,08 rad kecuali nilai

terkecil yang dibenarkan oleh analisis rasional dari deformasi inelastik yang diharapkan akibat simpangan tingkat desain. *Pelat tumpuan muka* harus disediakan pada kedua sisi balok kopel di muka dinding beton bertulang. Pengaku ini harus memenuhi persyaratan pendetailan Pasal F3.5b(4)

Balok kopel baja harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk komponen struktur daktil tinggi.

Kekuatan geser ekspektasi untuk yang panjang tertanam dihitung dengan Persamaan H4-1 harus ditingkatkan dengan faktor 1,1 untuk menggambarkan pengaruh pengerasan regangan $(1,1R_y V_n)$.

Tulangan dinding vertikal seperti yang disyaratkan Pasal H4.5b(1)(4) harus dikekang dengan tulangan transversal yang memenuhi persyaratan untuk komponen struktur pembatas dari ACI 318 Pasal 21.9.6.

Komponen struktur baja yang tertanam harus dilengkapi dengan dua daerah tulangan penyalur vertikal yang diikatkan pada sayap bagian atas dan bawah dari komponen struktur tertanam. Daerah pertama harus terletak bertepatan dengan lokasi batang tulangan yang menulangi dinding longitudinal yang paling dekat dengan muka dinding. Yang kedua harus berada pada jarak yang tidak kurang dari $d/2$ dari penghentian panjang yang tertanam. Semua batang tulangan penyalur harus sepenuhnya diperpanjang dimana batang tulangan tersebut mencakup kopel sayap balok. Hal ini diizinkan dengan penggunaan lurus, dikaitkan atau pengangkuran mekanis untuk menyediakan penyaluran. Hal ini diizinkan dengan menggunakan pengganda yang di las ke sayap untuk melekatkan batang tulangan penyalur beban vertikal. Luas tulangan penyalur beban vertikal yang diperlukan dihitung dengan Persamaan H5-1:

$$A_{tb} \geq 0,03f'_c L_e b_f / F_{ysr} \quad (H5-1)$$

keterangan

- A_{tb} = luas tulangan penyalur yang diperlukan pada setiap dari daerah pertama dan daerah kedua yang melekat pada setiap sayap bagian atas dan sayap bagian bawah, in.² (mm²)
- F_{ysr} = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tulangan penyalur, ksi (MPa)
- L_e = panjang yang tertanam, in. (mm)
- b_f = lebar sayap balok, in. (mm)
- f'_c = kekuatan tekan beton, ksi (MPa)

Luas tulangan penyalur vertikal tidak boleh melampaui yang dihitung dengan Persamaan H5-2:

$$\sum A_{tb} < 0,08L_e b_w - A_s \quad (H5-2)$$

keterangan

- A_{tb} = luas total tulangan penyalur yang disediakan pada daerah pertama dan daerah kedua yang melekat pada sayap bagian atas atau sayap bagian bawah, in.² (mm²)

A_s = luas tulangan dinding longitudinal yang tersedia di sepanjang panjang yang tertanam, L_e , in.² (mm²)

b_w = lebar dinding, in. (mm)

5d. Balok Kopel Komposit

Penampang komposit terbungkus beton yang berfungsi sebagai balok kopel harus memenuhi persyaratan Pasal H5.5c kecuali persyaratan Pasal F3.5b(4) tidak perlu dipenuhi, dan Persamaan H5-3 harus digunakan sebagai pengganti Persamaan H4-4. Untuk semua balok kopel komposit terbungkus beton, kekuatan geser ekspektasi batas, V_{comp} , adalah

$$V_{comp} = 1,1R_y V_p + 1,56 \left(2\sqrt{f'_c} b_{wc} d_c + \frac{A_s F_{ysr} d_c}{s} \right) \quad (H5-3)$$

$$V_{comp} = 1,1R_y V_p + 1,56 \left(0,166\sqrt{f'_c} b_{wc} d_c + \frac{A_s F_{ysr} d_c}{s} \right) \quad (H5-3M)$$

keterangan

F_{ysr} = tegangan leleh tulangan transversal, ksi (MPa)

5e. Zona Terlindung

Tidak ada *Zona terlindung*.

6. Sambungan

6a. Las Kritis-Perlu

Las-las yang berikut adalah *las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan kolom-ke-pelat dasar

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik neto akibat kombinasi beban termasuk *beban seismik teramplifikasi*, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

6b. Splice Kolom

Splice kolom harus dirancang sesuai dengan persyaratan Pasal G2.6f.

H6. DINDING GESER PELAT KOMPOSIT

1. Ruang Lingkup

Dinding geser pelat komposit (DGPK) harus dirancang menurut pasal ini. Dinding geser pelat komposit terdiri dari pelat baja dengan selongsong beton bertulang pada

satu atau ke dua sisi pelat, atau pelat baja pada ke dua sisi berisi beton bertulang, dan *komponen struktur pembatas* baja struktural atau *komponen struktur pembatas* komposit.

2. Dasar Desain

DGP-K yang dirancang menurut ketentuan-ketentuan ini diharapkan dapat memberi kapasitas deformasi inelastik yang signifikan melalui pelelehan di badan pelat. *Elemen Pembatas Horizontal* (EPH) dan *Elemen Pembatas Vertikal* (EPV) yang bersebelahan dengan badan komposit harus dirancang dengan sisa elastis perlu akibat gaya maksimum yang dapat dihasilkan oleh badan baja yang leleh secara penuh sepanjang badan beton bertulang sesudah badan baja memiliki leleh penuh, kecuali sendi plastis boleh terjadi pada ujung EPH.

3. Analisis

3a. Badan

Badan baja harus dirancang untuk menahan beban gempa, E , ditentukan dari analisis yang disyaratkan oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*. Analisis harus memperhitungkan bukaan pada badan.

3b. Komponen Struktur dan Sambungan Lainnya

Kolom, balok dan sambungan pada DGP-K harus dirancang untuk menahan gaya seismik yang ditentukan dari suatu analisis yang mencakup kekuatan ekspektasi dari badan baja dalam geser, $0,6R_yF_yA_{sp}$, dan tiap bagian beton bertulang dari dinding yang aktif pada *simpangan tingkat desain*. Elemen Pembatas Vertikal (EPV) diizinkan leleh pada dasar.

4. Persyaratan Sistem

4a. Tebal Pelat Baja

Pelat baja dengan ketebalan kurang dari 3/8 in. (9,5 mm) tidak boleh digunakan.

4b. Kekakuan Elemen Pembatas Vertikal

EPV harus memenuhi persyaratan pasal F5.4a.

4c. Rasio Momen Sambungan EPH-ke-EPV

Rasio momen balok-kolom harus memenuhi persyaratan Pasal F5.4b.

4d. Breising

Breising harus memenuhi persyaratan Pasal F5.4c.

4e. Bukaan pada Badan

Komponen struktur pembatas harus diberi bukaan disekeliling badan dinding geser seperti disyaratkan oleh analisis.

5. Komponen Struktur

5a. Persyaratan Dasar

EPH dan EPV baja dan komposit harus memenuhi persyaratan Pasal D1.1 untuk *komponen struktur daktilil tinggi*.

5b. Badan

Kekuatan geser desain, ϕV_n , atau *kekuatan geser ijin*, V_n/Ω , untuk kondisi batas pelelehan geser dengan pelat komposit yang sesuai dengan Pasal H6.5c harus diambil sebagai berikut:

$$V_n = 0,6 A_{sp} F_y \quad (\text{H6-1})$$

$$\phi = 0,90 \quad (\text{DFBK}) \quad \Omega = 1,67 \quad (\text{DKI})$$

keterangan

A_{sp} = luas horizontal pelat baja diperkaku, in.² (mm²)

F_y = tegangan leleh pelat minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

V_n = kekuatan geser nominal pelat baja, kips (N)

Kekuatan geser tersedia DGP-K dengan suatu pelat yang tidak memenuhi persyaratan kekakuan dalam Pasal H6.5c harus berdasarkan kekuatan pelat seperti yang dijelaskan Pasal F5.5 dan memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal G2 dan G3.

5c. Elemen Pengaku Beton

Pelat baja harus secara cukup diperkaku dengan membungkus pelat dengan beton atau dilekatkan ke panel beton bertulang. Kesesuaian dengan persyaratan ini harus dibuktikan dengan analisis tekuk pelat elastis yang memperlihatkan bahwa dinding komposit dapat menahan gaya geser nominal sama dengan V_{ns} .

Tebal beton minimum harus 4 in. (100 mm) pada setiap sisi bila beton disediakan di kedua sisi pelat baja dan 8 in. (200 mm) bila beton disediakan pada satu sisi pelat baja. Angkur paku geser baja atau sambungan mekanikal lainnya harus tersedia untuk mencegah tekuk setempat dan pemisahan pelat dan beton bertulang. Penulangan horizontal dan vertikal harus tersedia pada selubung beton agar memenuhi atau melampaui persyaratan ACI 318 Pasal 14.3. Rasio penulangan dalam kedua arah tidak boleh kecil dari 0,0025. Jarak maksimum antara batang tulangan tidak boleh melampaui 18 in. (450 mm).

5d. Komponen Struktur Pembatas

Komponen struktur baja struktural dan komponen struktur pembatas komposit harus dirancang untuk menahan *kekuatan geser ekspektasi* pelat baja dan setiap bagian dinding yang aktif dari beton bertulang pada simpangan tingkat desain. Komponen struktur komposit dan komponen struktur pembatas beton bertulang juga harus memenuhi persyaratan Pasal H5.5b. Komponen struktur pembatas baja juga harus memenuhi persyaratan Pasal F5.

5e. Zona Terlindung

Zona terlindung tidak ada.

6. Sambungan

6a. Las Kritis Perlu

Las-las yang berikut adalah *las kritis yang diperlukan*, dan harus memenuhi persyaratan Pasal A3.4b dan I2.3:

- (1) Las tumpul pada sambungan kolom
- (2) Las pada sambungan pelat dasar-ke-kolom

Pengecualian: Bila dapat diperlihatkan bahwa persendian kolom terjadi di, atau dekat dengan, pelat dasar dihalangi oleh kondisi pengekangan, dan dalam kondisi tidak adanya gaya tarik netto akibat kombinasi beban yang mencakup *beban seismik teramplifikasi*, las kritis perlu tidak dibutuhkan.

- (3) Las pada sambungan EPH-ke-EPV

6b. Sambungan EPH-ke-EPV

Sambungan EPH-ke-EPV harus memenuhi persyaratan Pasal F5.6b.

6c. Sambungan Pelat Baja ke Elemen Pembatas

Pelat baja harus di las secara menerus atau di baut pada semua tepi ke baja struktural yang merangka dan/atau komponen struktur pembatas baja, atau komponen baja dari komponen struktur pembatas komposit. Las dan/atau baut kekuatan tinggi slip-kritis yang diperlukan untuk menyalurkan kekuatan geser nominal dari pelat harus disediakan.

6d. Sambungan Pelat Baja ke Panel Beton Bertulang

Angkur baja antara pelat baja dan panel beton bertulang harus dirancang untuk mencegah tekuk keseluruhannya. Angkur baja harus dirancang agar memenuhi kondisi yang berikut:

(1) Gaya Tarik pada Konektor

Angkur baja harus dirancang untuk menahan gaya tarik yang dihasilkan tekuk setempat inelastis pelat baja.

(2) Geser dalam Konektor

Angkur baja secara kolektif harus dirancang untuk menyalurkan kekuatan geser ekspektasi dari pelat baja atau kekuatan geser ekspektasi panel beton bertulang, pilih yang terkecil.

6e. *Splice* Kolom

Splice kolom harus dirancang sesuai persyaratan Pasal G2.6f.

BAB I PABRIKASI DAN EREKSI

Bab ini membahas persyaratan untuk pabrikasi dan ereksi.

Catatan: Semua persyaratan dari *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Bab M juga diterapkan, kecuali secara spesifik dimodifikasi oleh standar ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

11. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi
12. Pabrikasi dan Ereksi

11. GAMBAR KERJA DAN GAMBAR EREKSI

1. Gambar Kerja untuk Konstruksi Baja

Gambar kerja harus menunjukkan pekerjaan yang dilakukan, dan mencakup bagian-bagian yang disyaratkan oleh *Spesifikasi untuk bangunan gedung struktural*, AISC *Code of standard practice for steel buildings and bridges*, peraturan bangunan gedung yang berlaku, persyaratan Pasal A4.1 dan A4.2, dan yang berikut, yang sesuai:

- (1) Lokasi baut pratarik
- (2) Lokasi Kelas A, atau di atasnya, permukaan pelekatan
- (3) Pelat buhul dibuat berskala bila pelat tersebut dirancang untuk mengakomodasi rotasi inelastik
- (4) Dimensi lubang akses las, profil permukaan dan persyaratan penyelesaian akhir
- (5) Pengujian Non Destruktif (PND) yang dilakukan oleh pabrikator

2. Gambar Ereksi untuk Konstruksi Baja

Gambar ereksi harus menunjukkan pekerjaan yang dilakukan, dan mencakup bagian-bagian yang disyaratkan oleh *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*, AISC *Code of standard practice for steel buildings and bridges*, peraturan bangunan gedung yang berlaku, persyaratan Pasal A4.1 dan A4.2, dan yang berikut, yang sesuai:

- (1) Lokasi baut pratarik
- (2) Joint atau kelompok joint dengan pemesanan rakitan khusus, urutan pengelasan, teknik pengelasan atau tindakan pencegahan khusus lainnya yang disyaratkan.

3. Gambar Kerja dan Gambar Ereksi untuk Konstruksi Komposit

Gambar kerja dan gambar ereksi untuk komponen baja dari baja komposit-konstruksi beton harus memenuhi persyaratan Pasal I1.1 dan I1.2. Gambar kerja dan gambar ereksi juga harus memenuhi persyaratan Pasal A4.3.

Catatan: Untuk konstruksi beton bertulang dan beton-baja komposit, digunakan ketentuan ACI 315 *Details and Detailing of Concrete Reinforcement* and ACI 315-R *Manual of Engineering and Placing Drawings for Reinforced Concrete Structures*.

12. PABRIKASI DAN EREKSI

1. Zona Terlindung

Zona terlindung yang dimaksud oleh standar ini atau ANSI/AISC 358 harus memenuhi persyaratan berikut ini:

- (1) Dalam zona terlindung, lubang-lubang, las titik, peralatan ereksi, *air-arc gouging* dan pemotongan thermal yang tidak ditentukan dari fabrikasi atau pelaksanaan ereksi harus diperbaiki seperti yang diminta oleh *insinyur profesional bersertifikat*.
- (2) Angkur paku berkepala baja dan pengikatan pendukung yang menembus sayap balok tidak boleh ditempatkan pada sayap balok di zona terlindung. Diizinkan menggunakan Las busur titik (*Arc spot weld*) untuk mengamankan *decking*.
- (3) Ikatan yang dilas, dibaut, diskrup atau ditembak untuk siku tepi perimeter, fasad eksterior, partisi, pekerjaan dakting, perpipaan atau konstruksi lainnya tidak boleh berada pada zona terlindung.

Pengecualian: Ikatan lainnya diizinkan bila ditunjukkan atau disetujui oleh insinyur profesional bersertifikat. Lihat pasal D1.3.

Catatan: AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.15 berisi persyaratan untuk penghilangan las dan perbaikan *gouge* dan takik pada zona terlindung.

2. Joint Baut

Joint baut harus memenuhi persyaratan Pasal D2.2.

3. Joint Las

Pengelasan dan sambungan las harus menurut *Structural Welding Code – Steel* (AWS D1.1/D1.1M), selanjutnya disebut seperti AWS D1.1/D1.1M, dan AWS D1.8/D1.8M.

Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPP) harus disetujui oleh insinyur profesional bersertifikat.

Tab las harus menurut AWS D1.8/D1.8M Pasal 6.10, kecuali pada las sisi luar dari ujung pelat penerus ke kolom, tab las dan logam las tidak perlu dihilangkan untuk yang lebih dekat dari $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) dari tepi pelat penerus.

Pasal-pasal AWS D1.8/D1.8 yang berkaitan dengan pabrikan harus berlaku sama untuk pengelasan di bengkel dan pengelasan lapangan saat ereksi.

Catatan: AWS D1.8/D1.8 secara khusus ditulis untuk memberikan persyaratan tambahan untuk pengelasan pada *sistem penahan gaya seismik*, dan telah dikoordinasikan sedapat mungkin dengan Standar ini. Persyaratan AWS D1.8/D1.8M terkait dengan fabrikasi dan ereksi diatur sebagai berikut, termasuk lampiran normatif (wajib):

1. Persyaratan Umum
2. Dokumen Acuan

3. Definisi
4. Detail Sambungan Las
5. Kualifikasi Tukang Las
6. Pabrikasi

Lampiran A. WPS Heat Input Envelope Testing of Filler Metals for Demand Critical Welds

Lampiran B. Intermix CVN Testing of filler metal combinations (where one of the filler metals is FCAW-S)

Lampiran C. Supplemental Welder Qualification for Restricted Access Welding

Lampiran D. Supplemental Testing for Extended Exposure Limits for FCAW Filler Metals

AWS D1.8/D1.8 mensyaratkan penghilangan secara menyeluruh dari semua material tab las, menyisakan hanya logam dasar dan logam las pada tepi joint. Ini adalah untuk menghilangkan setiap diskontinuitas las pada ujung-ujung las, serta memfasilitasi pengujian partikel magnetik (PPM) pada daerah ini. Pada *pelat penerus*, Standar ini mengizinkan adanya sedikit sisa dari material tab las karena regangan berkurang pada pelat penerus, dan setiap diskontinuitas las yang tersisa di daerah ujung pengelasan ini mungkin tidak signifikan. Juga, penghilangan tab las pada pelat penerus tidak perlu dilakukan PPM.

AWS D1.8/D1.8M ayat 6 berjudul "Fabrikasi", namun maksud dari AWS adalah semua ketentuan-ketentuan dari AWS D1.8/D1.8M berlaku sama untuk kegiatan pabrikasi dan ereksi seperti yang dijelaskan dalam *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* dan dalam Standar ini.

4. Pelat Penerus dan Pengaku

Sudut dari pelat penerus dan pengaku yang ditempatkan pada badan dari profil gilas harus didetail menurut AWS D1.8 ayat 4.1.

BAB J

PENGENDALIAN KUALITAS DAN PENJAMINAN KUALITAS

Bab ini membahas persyaratan untuk pengendalian kualitas dan penjaminan kualitas.

Catatan: Semua persyaratan dari *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Bab N juga berlaku, kecuali secara khusus dimodifikasi oleh Standar ini.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- J1. Ruang Lingkup
- J2. Dokumen Pabrikator dan Erektor
- J3. Dokumen Badan Penjamin Kualitas
- J4. Personil Pemeriksa dan Personil Penguji Non-Destruktif
- J5. Tugas Pemeriksaan
- J6. Pemeriksa Pengelasan dan Penguji Non-Destruktif
- J7. Pemeriksaan Baut Kekuatan Tinggi
- J8. Pemeriksaan Struktur Baja Lainnya
- J9. Pemeriksaan Struktur Komposit
- J10. Pemeriksaan Pondasi Tiang

J1. RUANG LINGKUP

Pengendalian kualitas (PK) seperti disyaratkan dalam bab ini harus diberikan oleh pabrikator, atau kontaktor yang bertanggungjawab lainnya, sesuai yang berlaku. *Penjaminan kualitas (JK)* seperti yang disyaratkan dalam bab ini harus diberikan melalui lain-lainnya bila disyaratkan oleh *pihak yang berwenang (PYB)*, *peraturan bangunan gedung yang berlaku (PBGB)*, pembeli, pemilik atau *Insinyur Profesional Bersertifikat (IPB)*. Pengujian Non-Destruktif (PND) harus dilakukan oleh badan atau perusahaan yang bertanggungjawab untuk penjaminan kualitas, kecuali seperti diizinkan menurut *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal N7 .

Catatan: Rencana penjaminan mutu pada pasal ini dianggap telah memadai dan efektif untuk sebagian besar *sistem penahan gaya seismik* dan harus digunakan tanpa modifikasi. *Rencana penjaminan mutu* dimaksudkan untuk memastikan bahwa sistem penahan gaya seismik yang secara signifikan bebas dari cacat yang akan sangat mengurangi daktilitas dari sistem. Mungkin ada kasus (untuk contoh, komponen struktur penyalur utama *nonredundant*, atau dimana pekerjaan dilakukan di lokasi yang sulit di akses) dimana pengujian tambahan mungkin dianjurkan. Tambahan, dimana program pengendali kualitas pabrikator atau erektor telah menunjukkan kemampuan untuk melakukan beberapa tugas rencana ini telah ditetapkan untuk penjaminan mutu, modifikasi rencana harus diperhitungkan.

J2. DOKUMEN FABRIKATOR DAN EREKTOR

1. Dokumen yang Disampaikan untuk Konstruksi Baja

Selain persyaratan dari *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal N3.1 , dokumen yang berikut harus diserahkan untuk ditinjau oleh *Insinyur Profesional Bersertifikat (IPB)* atau yang ditunjuk *IPB*, sebelum pabrikasi atau ereksi yang terkena dampak dari pekerjaan, yang sesuai:

- (1) Spesifikasi prosedur pengelasan (SPP)

- (2) Salinan sertifikat tipikal produsen tentang kesesuaian untuk semua elektroda flux dan gas pelindung yang digunakan
- (3) Untuk *las kritis perlu*, sertifikasi produsen yang berlaku bahwa logam pengisi memenuhi persyaratan tambahan ketangguhan takik, sesuai yang berlaku. Seharusnya produsen logam pengisi tidak menyediakan sertifikasi tambahan, fabrikator atau erektor, sebagaimana berlaku, harus dilakukan pengujian yang diperlukan dan memberikan laporan uji yang berlaku
- (4) Lembaran data produk pabrik atau katalog data untuk SMAW, FCAW dan GMAW logam pengisi komposit (diinti) untuk digunakan
- (5) Prosedur pemasangan baut
- (6) Pemesanan rakitan spesifik, urutan pengelasan, teknik pengelasan atau tindakan pencegahan khusus lainnya untuk joint atau group joint dimana item yang ditunjuk untuk disampaikan kepada insinyur profesional bersertifikat

2. Dokumen yang Tersedia Diperiksa untuk Konstruksi Baja

Dokumen tambahan seperti yang disyaratkan oleh Insinyur profesional bersertifikat (IPB) pada dokumen kontrak harus tersedia untuk ditinjau oleh IPB atau yang ditunjuk IPB sebelum fabrikasi atau ereksi, sebagaimana berlaku.

Fabrikator dan erektor harus menyimpan dokumen mereka minimal satu tahun setelah selesai konstruksi besar.

3. Dokumen yang Disampaikan untuk Konstruksi Komposit

Dokumen yang berikut harus disampaikan oleh kontraktor yang bertanggungjawab untuk ditinjau oleh IPB atau yang ditunjuk IPB, sebelum produksi atau pengecoran beton, yang sesuai:

- (1) Perancangan campuran beton dan laporan uji untuk perancangan campuran
- (2) Gambar kerja perkuatan baja
- (3) Urutan pengecoran beton, teknik dan pembatasan

4. Dokumen yang Tersedia Diperiksa untuk Konstruksi Komposit

Dokumen yang berikut harus tersedia dari kontraktor yang bertanggungjawab untuk ditinjau oleh IPB atau yang ditunjuk IPB sebelum pabrikasi atau ereksi, sebagaimana berlaku, kecuali disyaratkan untuk disampaikan:

- (1) Laporan uji material untuk perkuatan baja
- (2) Prosedur pemeriksaan
- (3) Prosedur ketidaksesuaian
- (4) Prosedur pengontrolan material
- (5) Catatan Kualifikasi Kinerja Tukang Las (CKKTL) seperti disyaratkan oleh AWS D1.4/D1.4M

(6) Kualifikasi pemeriksa Penjaminan Kualitas (JK)

Kontraktor yang bertanggungjawab harus menyimpan dokumen mereka selama paling sedikit satu tahun setelah selesai konstruksi besar.

J3. DOKUMEN BADAN PENJAMIN KUALITAS

Penanggung jawab penjamin kualitas harus menyampaikan dokumen-dokumen yang berikut kepada *pihak yang berwenang, Insinyur profesional bersertifikat (IPB)*, dan pemilik atau pemilik yang ditunjuk:

- (1) Tata cara yang ditulis badan Penjamin Kualitas (JK) untuk memantau dan mengontrol operasional badan. Tata cara yang ditulis harus mencakup:
 - (i) Prosedur badan pemilihan dan administrasi personil pemeriksa, penjelasan pelatihan, persyaratan pengalaman dan pemeriksaan untuk kualifikasi dan sertifikasi personil pemeriksaan
 - (ii) Prosedur pemeriksaan badan, termasuk pemeriksaan umum, pengontrolan material, dan pemeriksaan pengelasan visual
- (2) Kualifikasi management dan personil JK yang ditunjuk untuk proyek
- (3) Catatan kualifikasi untuk pemeriksa dan teknisi Pengujian Non-Destruktif (PND) yang ditunjuk untuk proyek
- (4) Prosedur PND dan catatan kalibrasi peralatan untuk PND yang dilakukan dan peralatan yang digunakan untuk proyek
- (5) Untuk konstruksi komposit, prosedur pengujian beton dan peralatan

J4. PERSONIL PEMERIKSA DAN PERSONIL PENGUJI NON-DESTRUKTIF

Selain persyaratan dari *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal N4.1 dan N4.2, pemeriksa pengelasan visual dan Penguji Non Destruktif (PND) harus dilakukan oleh personil yang memenuhi syarat menurut AWS D1.8/D1.8M ayat 7.2. Selain persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal N4.3, teknisi Pengujian Ultrasonik/ultrasonic testing (UT) harus memenuhi syarat menurut AWS D1.8/D1.8M ayat 7.2.4.

Catatan: Rekomendasi dari International Code Council *Model Program for Special Inspection* harus mempertimbangkan persyaratan minimum untuk menetapkan kualifikasi pemeriksa pembautan.

J5. TUGAS PEMERIKSA

Tugas pemeriksa dan dokumentasi untuk Pengendalian Kualitas (PK) dan Penjaminan Kualitas (JK) untuk Sistem Penahan Gaya Seismik (SPGS) harus seperti yang diberikan dalam Tabel Pasal J6, J7, J8, J9 dan J10. Tempat masuk yang berikut digunakan dalam tabel-tabel:

1. Observasi (O)

Pemeriksa harus mengamati fungsi-fungsi ini secara acak setiap hari. Pelaksanaan pengelasan tidak perlu menunggu observasi.

2. Pelaksanaan (P)

Pemeriksaan ini harus dilakukan sebelum penerimaan akhir dari item tersebut.

3. Dokumen (D)

Pemeriksa harus mempersiapkan laporan-laporan penandaan bahwa pekerjaan telah dilakukan sesuai dengan dokumen kontrak. Laporan tidak perlu mempersiapkan detail pengukuran untuk penyetelan joint, pengaturan Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPP), las komplit, atau masing-masing bagian lainnya yang tertera pada tabel. Untuk pabrikasi, laporan harus menunjukkan tanda potongan dari bagian yang diperiksa. Untuk hasil kerja di lapangan, laporan harus menunjukkan baris grid acuan dan lantai atau elevasi yang diperiksa. Pekerjaan yang tidak sesuai dengan dokumen kontrak dan apakah ketidaksesuaian ini telah diperbaiki dengan memuaskan, harus dicatat dalam laporan pemeriksaan.

4. Pemeriksaan Terkoordinasi

Bila tugas yang dicatat dilakukan dengan Pengendalian Kualitas (PK) dan Penjaminan Kualitas (JK), koordinasi fungsi pemeriksa antara PK dan JK diizinkan menurut *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* Pasal N5.3 .

J6. PEMERIKSA PENGELASAN DAN PENGUJI NON-DESTRUKTIF

Pemeriksa pengelasan dan Penguji Non-Destruktif (PND) harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* ,pasal ini dan AWS D1.8/D1.8M.

Catatan: AWS D1.8/D1.8M secara khusus ditulis untuk memberikan persyaratan tambahan untuk pengelasan dari *sistem penahan gaya seismik*, dan telah dikoordinasikan bila mungkin dengan Standar ini. Persyaratan AWS D1.8/D1.8M yang berkaitan dengan pemeriksaan dan pengujian nondestruktif diatur sebagai berikut, termasuk lampiran normatif (wajib):

1. Persyaratan umum

7. Pemeriksaan

Lampiran F. Pengujian teknisi ultrasonik tambahan

Lampiran G. Prosedur pengujian partikel magnetik tambahan

Lampiran H. Pengukuran cacat dengan pengujian ultrasonik

1. Pemeriksaan Pengelasan Secara Visual

Semua persyaratan dari *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural* harus diterapkan, kecuali seperti dimodifikasi secara khusus oleh AWS D1.8/D1.8M.

Pemeriksaan pengelasan secara visual harus dilakukan dengan personil pengendali kualitas dan personil penjamin kualitas. Minimal, tugas harus seperti dijelaskan dalam J6-1, J6-2 dan J6-3.

Tabel J6-1 – Tugas pemeriksaan visual sebelum pengelasan

Tugas pemeriksaan visual sebelum pengelasan	PK	JK
---	----	----

	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Identifikasi material (tipe/mutu)	O	-	O	-
Sistem identifikasi pengelas	O	-	O	-
Fit-up dari las tumpul (mencakup geometri joint) <ul style="list-style-type: none"> - persiapan joint - dimensi (<i>alignment</i>, <i>root opening</i>, <i>root face</i>, <i>bevel</i>) - Kebersihan (kondisi dari permukaan baja) - Pengelasan titik (mutu las titik dan lokasi) - Tipe dan kecocokan pendukung (jika diterapkan) 	P/O**	-	O	-
Konfigurasi dan finish dari lubang akses	O	-	O	-
Fit-up dari las sudut <ul style="list-style-type: none"> - Dimensi (<i>alignment</i>, celah pada root) - Kebersihan(kondisi dari permukaan baja) - Tacking (mutu las titik dan lokasi) 	P/O**	-	O	-
** Bila seorang tukang las telah melakukan sepuluh lasan secara baik dengan menunjukkan pemahaman tentang persyaratan, ketrampilan, dan penguasaan alat, maka penandaan P dapat diturunkan menjadi O dan dia harus tetap di dalam kinerja tersebut. Bila Pengawas menentukan bahwa tukang las tersebut tidak menunjukkan kinerja yang baik untuk tugas ini, maka dia dikembalikan ke status P sampai Pengawas yakin bahwa tukang las tersebut dapat melakukan tugasnya dengan kinerja baik.				

Table J6-2 – Tugas pemeriksaan visual selama pengelasan

Tugas pemeriksaan visual selama pengelasan	PK		JK	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Ikuti Spesifikasi Prosedur Pengelasan <ul style="list-style-type: none"> - Pengaturan pada peralatan pengelasan - Travel speed - Bahan las yang dipilih - Tipe gas pelindung/laju alir - Preheat diterapkan - Pertahankan temperatur interpass (min/max) - Posisi yang tepat (F, V, H, OH) - Hindari pencampuran logam pengisi kecuali disetujui 	O	-	O	-
Gunakan juru las yang memenuhi syarat	O	-	O	-
Pengontrolan dan penanganan bahan habis pakai untuk pengelasan <ul style="list-style-type: none"> - Pengepakan - Pengontrolan eksposur 	O	-	O	-
Kondisi lingkungan <ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan angin di dalam batas - Pengendapan dan temperatur 	O	-	O	-
Teknik pengelasan <ul style="list-style-type: none"> - Interpass dan final cleaning - Each pass within profile limitations - Each pass meet quality requirements 	O	-	O	-
No welding over cracked tacks	O	-	O	-

Tabel J6-3 – Tugas pemeriksaan visual sesudah pengelasan

Tugas pemeriksaan visual sesudah pengelasan	PK		JK	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Las dibersihkan	O	-	O	-
Ukuran panjang, dan lokasi dari las-las	P	-	P	-
Las-las memenuhi kriteria penerimaan secara visual - Larangan retak - Las/dasar-logam fusi - Crater cross-section - Profil las dan ukuran - Undercut - Porositas	P	D	P	D
Penempatan penguatan las sudut	P	D	P	D
Pendukung dihilangkan, las titik dihilangkan dan dirapihkan, dan las sudut ditambahkan (jika diperlukan)	P	D	P	D
Aktifitas perbaikan	P	-	P	D

2. Pengujian Non Destruktif (PND) Joint Las

Selain persyaratan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal N4.5 , pengujian non destruktif dari joint las harus seperti yang disyaratkan dalam pasal ini:

2a. Pengujian Non Destruktif Daerah *k*

Apabila pengelasan pelat pengganda, pelat penerus, atau pengaku telah dilakukan dalam daerah *k*, badan harus diuji untuk retak menggunakan pengujian partikel magnetik (PM). Daerah pemeriksaan pengujian partikel magnetik harus termasuk logam dasar daerah *k* dalam 3 in. (75 mm) dari las. Pengujian partikel magnetik harus dilakukan setelah 48 jam penyelesaian dari pengelasan yang berikut.

2b. Pengujian Non Destruktif (PND) Las Tumpul Penetrasi Joint Lengkap (P JL)

Pengujian ultrasonik (PU) harus dilakukan 100 % dari las tumpul P JL pada ketebalan bahan 5/16 in. (8 mm) atau lebih besar. Pengujian ultrasonik bahan dengan ketebalan kurang dari 5/16 in. (8 mm) tidak diperlukan. Las yang tidak menerus harus diterima atau ditolak berdasarkan kriteria dari AWS D1.1/D1.1M Tabel 6.2. Pengujian partikel magnetik (PM) harus dilakukan pada 25 % dari semua las tumpul P JL balok-ke-kolom. Laju uji ultrasonik (PU) dan (PM) diizinkan direduksi sesuai dengan Pasal J6.2g dan J6.2h, secara berurutan.

Pengecualian: Untuk Rangka Momen Biasa, PU dan PM dari las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (P JL) hanya diperlukan untuk las kritis perlu.

2c. Pengujian Non-Destruktif (PND) Logam Dasar untuk Penyobekan Tipis dan Laminasi

Sesudah penyelesaian joint, ketebalan logam dasar dari 1 ½ in. (38 mm) dibebani dalam tarik pada arah ketebalan untuk sambungan T dan sambungan sudut, dimana bahan yang disambung lebih tebal dari ¾ in. (19 mm) dan berisi las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (P JL), harus diuji secara ultrasonik untuk diskontinu di belakang dan berdekatan dengan garis fusi las tersebut. Diskontinuitas logam dasar yang ditemukan dalam $t/4$ dari permukaan baja harus diterima atau ditolak berdasarkan kriteria AWS D1.1/D1.1M Tabel 6.2, dimana *t* adalah ketebalan dari bagian yang menahan regangan melalui ketebalan.

2d. Pengujian Non-Destruktif (PND) Coakan Balok dan Lubang Akses

Pada sambungan las dan sambungan-sambungan, termal yang berupaya memotong permukaan balok dan lubang akses harus diuji menggunakan pengujian partikel magnetik atau pengujian penetran, bila ketebalan sayap melebihi 1 ½ in. (38 mm) untuk profil gilas, atau bila ketebalan badan melebihi 1 ½ in. (38 mm) untuk profil tersusun.

2e. Pengujian Non-Destruktif (PND) Memperbaiki Penampang Balok yang Direduksi

Pengujian partikel magnetik harus dilakukan pada setiap las dan daerah yang berhubungan Profil Balok Direduksi (PBD) memotong permukaan yang telah diperbaiki dengan pengelasan, atau pada logam dasar dari PBD memotong permukaan jika lekukan yang tajam telah dihilangkan dengan penggerindaan.

2f. Lokasi Penghapusan Label/**Tab** Las

Pada ujung las dimana tab las telah dihilangkan, pengujian partikel magnetik harus dilakukan pada joint balok-ke-kolom yang sama menerima pengujian ultrasonik seperti diperlukan Pasal J6.2b. Laju pengujian partikel magnetik (PM) diizinkan direduksi sesuai dengan Pasal J6.2h. Pengujian partikel magnetik dari tempat pemindahan las titik pelat penerus tidak diperlukan.

2g. Pengurangan Prosentase Pengujian Ultrasonik

Pengurangan prosentase Pengujian Ultrasonik (PU) diizinkan direduksi menurut *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* Pasal N5.5e, kecuali untuk las kritis perlu diizinkan tanpa reduksi.

2h. Pengurangan Prosentase Pengujian Partikel Magnetik

Jumlah pengujian Partikel Magnetik (PM) pada las tumpul Penetrasi Joint Lengkap (P JL) diizinkan direduksi jika disetujui oleh insinyur yang bersertifikat dan pihak yang berwenang. Laju pengujian Partikel Magnetik (PM) untuk masing-masing pengelas atau operator pengelasan diizinkan direduksi sampai 10 %, diberikan tingkat penolakan yang dibuktikan sebesar 5 % atau lebih kecil dari las yang diuji untuk pengelas atau operator pengelasan. Pengambilan contoh uji minimal 20 lasan lengkap untuk suatu pekerjaan harus dibuat untuk evaluasi pengurangan tersebut. Tingkat penolakan adalah jumlah yang mengandung cacat lasan yang pantas ditolak dibagi dengan jumlah dari las lengkap. Pengurangan ini dihilangkan pada las dalam daerah **k**, pada lokasi perbaikan, lokasi pemindahan pendukung, dan lubang akses.

J7. PEMERIKSAAN BAUT KEKUATAN TINGGI

Pemeriksaan pembautan harus memenuhi persyaratan *Spesifikasi* Pasal N5.6 dan persyaratan pasal ini. Pemeriksaan pembautan harus dilakukan oleh personil pengendali kualitas dan personil penjamin kualitas. Tugas minimum harus dilakukan seperti tertera pada Tabel J7-1, J7-2 dan J7-3.

Tabel J7-1 – Tugas Pemeriksaan Sebelum Pembautan

Tugas pemeriksaan sebelum pembautan	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Baut yang tepat dipilih untuk detail joint	O	-	O	-
Prosedur pembautan yang tepat dipilih untuk detail joint	O	-	O	-
Elemen-elemen yang dihubungkan, termasuk kondisi permukaan yang sesuai pelekatan dan persiapan lubang, jika disyaratkan, memenuhi persyaratan yang berlaku	O	-	O	-
Pengujian verifikasi pra-pemasangan diamati untuk pengencangan <i>assemblies</i> dan metode yang digunakan	P	D	O	D
Penyimpanan yang benar disediakan untuk baut, mur, ring dan komponen pengencang lainnya	O	-	O	-

Tabel J7-2 – Tugas Pemeriksaan Selama Pembautan

Tugas pemeriksaan selama pembautan	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Rakitan pengencang ditempatkan pada semua lubang dan ring (jika diperlukan) diposisikan sebagai diperlukan	O	-	O	-
Joint yang dibawa ke kondisi kedap nyaman sebelum operasi pra-tarik	O	-	O	-
Komponen pengencang tidak berbalik oleh kunci yang dicegah dari rotasi	O	-	O	-
Baut pratarik progress sistematis dari titik yang paling kaku ke tepi bebas	O	-	O	-

Tabel J7-3 – Tugas Pemeriksaan Sesudah Pembautan

Tugas pemeriksaan sesudah pembautan	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Dokumen yang diterima dan sambungan yang ditolak	P	D	P	D

J8. PEMERIKSAAN STRUKTUR BAJA LAINNYA

Pemeriksaan struktur baja lainnya harus memenuhi persyaratan Spesifikasi Pasal N5.7 dan persyaratan pasal ini. Pemeriksaan tersebut harus dilakukan oleh personil pengendali kualitas dan personil penjamin mutu. Bila bisa diterima, tugas pemeriksaan yang berikut yang tertera pada Tabel J8-1 harus dilakukan.

Tabel J8-1 – Tugas Pemeriksaan Lainnya

Tugas Pemeriksaan Lainnya	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Persyaratan Profil Balok Direduksi (PBD), jika bisa diterima - kontur dan finish - toleransi dimensi	P	D	P	D
Zona terlindung – tanpa lubang dan lampiran tidak disetujui dibuat oleh pabrikator atau erektor, sebagai yang bisa diterima	P	D	P	D

Catatan: Zona terlindung harus diperiksa oleh pihak lain setelah selesai melakukan pekerjaan lainnya, termasuk yang melibatkan kulit bangunan (*curtainwall*), mekanikal, elektrik, plambing dan partisi interior.

J9. PEMERIKSAAN STRUKTUR KOMPOSIT

Bila sesuai, pemeriksaan struktur komposit harus memenuhi persyaratan Spesifikasi Pasal N6 dan persyaratan pasal ini. Pemeriksaan ini harus dilakukan oleh personil pengendali kualitas kontraktor yang bertanggungjawab dan oleh personil penjamin kualitas.

Bila sesuai, pemeriksaan baja struktural yang digunakan pada struktur komposit harus memenuhi persyaratan bab ini. Bila sesuai, pemeriksaan beton bertulang harus memenuhi persyaratan ACI 318, dan pemeriksaan baja yang diperkuat las harus memenuhi persyaratan yang sesuai Pasal J6.1.

Bila sesuai untuk tipe konstruksi komposit, tugas pemeriksaan minimal seperti dijelaskan dalam Tabel J9-1, J9-2 dan J9-3.

Tabel J9-1 – Pemeriksaan Struktur Komposit Sebelum Pengecoran Beton

Pemeriksaan struktur komposit sebelum pengecoran beton	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Identifikasi bahan baja tulangan (tipe/kelas)	O	-	O	-
Konfirmasi dari carbon ekivalen yang bisa diterima untuk memperkuat baja yang tidak sesuai dengan persyaratan dari ASTM A706	O	-	O	-
Konfirmasi ukuran baja tulangan tepat, spasi dan orientasi	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa baja tulangan belum ditekuk-balik di lapangan	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa baja tulangan telah diikat dan ditopang sebagaimana diperlukan	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa diperlukan kelonggaran baja tulangan telah disediakan	O	-	O	-
Konfirmasi bahwa komponen struktur komposit mempunyai ukuran yang diperlukan	O	-	O	-

Tabel J9-2 – Pemeriksaan Struktur Komposit Selama Pengecoran Beton

Pemeriksaan struktur komposit selama pengecoran beton	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Beton: identifikasi bahan (desain campuran, kekuatan tekan, ukuran agregat terbesar maksimum, slump maksimum)	O	D	O	D
Batas air yang ditambahkan pada truk atau pompa	O	D	O	D
Teknik pengecoran yang tepat untuk membatasi segregasi	O	-	O	-

Tabel J9-3 – Pemeriksaan Struktur Komposit Sesudah Pengecoran Beton

Pemeriksaan struktur komposit sesudah pengecoran beton	PK/QC		JK/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Pencapaian kekuatan tekan beton minimum yang disyaratkan pada umur tertentu	-	D	-	D

J10. PEMERIKSAAN FONDASI TIANG

Bila sesuai, pemeriksaan fondasi tiang harus memenuhi persyaratan pasal ini. Pemeriksaan ini harus dilakukan oleh personil pengendali kualitas kontraktor yang bertanggungjawab dan oleh personil penjamin mutu. Bila sesuai, tugas pemeriksaan harus dilakukan seperti yang tertera pada Tabel J10-1.

Tabel J10-1 – Pemeriksaan Tiang Pancang

Pemeriksaan tiang pancang	PK/QC		JM/QA	
	Tugas	Dokumen	Tugas	Dokumen
Zona terlindung – tanpa lubang dan pengikatan yang tidak disetujui dibuat oleh kontraktor yang bertanggungjawab	P	D	P	D

BAB K

KETENTUAN PENGUJIAN PRAKUALIFIKASI DAN KUALIFIKASI SIKLIK

Bab ini membahas persyaratan kualifikasi dan pengujian prakualifikasi.

Bab ini disusun sebagai berikut:

- K1. Prakualifikasi Sambungan Balok-ke-Kolom dan Sambungan Elemen Perangkai-ke-Kolom
- K2. Pengujian Siklik untuk Kualifikasi Sambungan Balok-ke-Kolom dan Sambungan Elemen Perangkai-ke-Kolom
- K3. Pengujian Siklik untuk Kualifikasi Breis Penahan Tekuk

K1. PRAKUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK-KE-KOLOM DAN SAMBUNGAN ELEMEN PERANGKAI-KE-KOLOM

1. Ruang Lingkup

Pasal ini berisi persyaratan minimum untuk prakualifikasi sambungan momen balok-ke-kolom pada *Rangka Momen Khusus* (RMK), *Rangka Momen Menengah* (RMM), dan sambungan *elemen perangkai-ke-kolom* dalam *Rangka Terbreis Eksentris* (PTE). *Sambungan prakualifikasi* diizinkan digunakan, dalam batas yang berlaku dari prakualifikasi, tanpa perlu pengujian lebih lanjut terhadap kualifikasi siklus. Bila batas teruji atau persyaratan desain untuk sambungan prakualifikasi bertentangan dengan persyaratan Standar ini, batas dari prakualifikasi dan persyaratan desain untuk sambungan prakualifikasi yang akan menentukan.

2. Persyaratan Umum

2a. Dasar untuk Prakualifikasi

Sambungan harus diuji lebih dahulu berdasarkan pengujian data yang memenuhi Pasal K1.3, didukung oleh studi analisis dan model desain. Kumpulan bukti-bukti data uji harus cukup untuk menjamin bahwa sambungan dapat mencapai *sudut simpangan tingkat* yang diperlukan untuk sistem Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM), atau sudut rotasi elemen perangkai yang diperlukan untuk Rangka Terbreis Eksentris (PTE), secara konsisten dan andal dalam batas yang disyaratkan prakualifikasi. Semua keadaan batas yang berlaku untuk sambungan yang mempengaruhi kekakuan, kekuatan dan kapasitas deformasi dari sambungan dan *sistem penahan gaya seismik* (SPGS) harus diidentifikasi. Ini mencakup keadaan batas terkait retak, keadaan batas terkait stabilitas, dan semua keadaan batas lainnya yang berhubungan dengan sambungan yang dipertimbangkan. Efek dari variabel desain yang dijelaskan dalam Pasal K1.4 harus dibahas dalam prakualifikasi sambungan.

2b. Otoritas untuk Prakualifikasi

Prakualifikasi dari sambungan dan yang terkait batas prakualifikasi harus ditetapkan oleh panel pembahas sambungan teruji (PPST) yang disetujui oleh *pihak yang berwenang*.

3. Persyaratan Pengujian

Data yang digunakan untuk mendukung pengujian sambungan harus berdasarkan pada uji yang dilakukan menurut Pasal K2. PPST akan menentukan jumlah pengujian dan variabel yang ditinjau melalui pengujian untuk sambungan teruji. PPST juga harus memberi informasi yang sama bila batas harus diubah untuk sambungan teruji. Jumlah uji yang memadai harus dilakukan pada jumlah yang memadai spesimen nonidentik untuk membuktikan bahwa sambungan memiliki kemampuan dan kehandalan yang dibutuhkan untuk menjalani sudut simpangan tingkat perlu untuk Rangka Momen Khusus (RMK) dan Rangka Momen Menengah (RMM) dan sudut rotasi elemen perangkai perlu untuk Rangka Terbreis Eksentris (RTE), dimana elemen perangkai bersebelahan dengan kolom. Batas ukuran komponen struktur untuk pengujian tidak boleh melebihi batas yang disyaratkan dalam Pasal K2.3b.

4. Variabel Prakuifikasi

Agar dapat dinyatakan teruji, efek variabel yang berikut pada kinerja sambungan harus diperhitungkan. Batas nilai yang diizinkan untuk setiap variabel harus ditetapkan oleh PSPD untuk sambungan teruji.

4a. Parameter Balok atau Parameter Elemen Perangkai

- (1) Profil penampang melintang: lebar sayap, kotak, atau lainnya
- (2) Metode pabrifikasi profil: profil gelas, profil lasan, atau lainnya
- (3) Kedalaman
- (4) Berat per *foot* atau berat per meter
- (5) Ketebalan sayap
- (6) Spesifikasi material
- (7) Rasio bentang-ke-kedalaman (untuk Rangka Momen Khusus atau Rangka Momen Menengah), atau panjang elemen perangkai (untuk Rangka Terbreis Eksentris)
- (8) Rasio ketebalan terhadap lebar dari elemen penampang melintang
- (9) Breising lateral
- (10) Parameter lainnya yang berkaitan dengan sambungan khusus harus diperhitungkan

4b. Parameter Kolom

- (1) Profil penampang melintang: lebar sayap, kotak, atau lainnya
- (2) Metode pabrifikasi profil: jenis gelas, jenis lasan, atau lainnya
- (3) Orientasi kolom berkenaan dengan balok atau balok perangkai: balok atau balok perangkai disambungkan ke sayap kolom, balok atau balok perangkai yang disambungkan ke badan kolom, balok atau balok perangkai disambungkan pada sayap kolom dan badan, atau lainnya

- (4) Kedalaman
- (5) Berat per *foot* atau per meter
- (6) Ketebalan sayap
- (7) Spesifikasi material
- (8) Rasio ketebalan terhadap lebar dari elemen penampang melintang
- (9) Breising lateral
- (10) Parameter lainnya yang berkaitan dengan sambungan khusus harus diperhitungkan

4c. Hubungan Balok (atau Elemen Perangkai)-kolom

- (1) Kekuatan zona panel
- (2) Detail ikatan pelat pengganda
- (3) Rasio momen balok terhadap kolom (atau elemen perangkai terhadap kolom)

4d. Pelat Penerus

- (1) Identifikasi dari kondisi akibat dimana pelat penerus diperlukan
- (2) Ketebalan, lebar dan tinggi
- (3) Detail pengikatan

4e. Las

- (1) Lokasi, perpanjangan (termasuk pembalikan), tipe (Penetrasi-Joint-Lengkap, Penetrasi-Joint-Sebagian, fillet, dan seterusnya) dan setiap penulangan atau pembatasan yang diperlukan
- (2) Kekuatan klasifikasi logam pengisi dan kekerasan takik
- (3) Detail dan perlakuan las pendukung dan las titik
- (4) Lubang jalan masuk las: ukuran, geometri dan penyelesaian
- (5) Pengendalian mutu dan jaminan mutu pengelasan diluar yang dijelaskan Bab J, termasuk metode Pengujian Non Destruktif (PND), frekuensi pemeriksaan, kriteria penerimaan dan persyaratan dokumentasi

4f. Baut

- (1) Diameter baut
- (2) Mutu baut: ASTM A325, A490, atau lainnya
- (3) Persyaratan pemasangan: pra-tarik, kencang pas (*snug-tight*), atau lainnya

- (4) Tipe lubang: standar, lebih besar dari ukurannya, celah-pendek, celah-panjang, atau lainnya
- (5) Metode pabrifikasi lubang: pemboran, pelubangan dengan alat pons, sub-pons dan pembesaran, atau lainnya
- (6) Parameter lainnya yang berkaitan dengan sambungan khusus yang diperhitungkan

4g. Pengerjaan

Semua parameter pengerjaan yang melampaui persyaratan AISC, RCSC dan AWS, berkaitan dengan sambungan spesifik yang diperhitungkan adalah sebagai berikut:

- (1) Kekasaran permukaan akibat pemotongan api atau *ground edges*
- (2) Toleransi pemotongan
- (3) Penampilan lubang, pengencang atau las-las untuk pengikatan

4h. Detail Sambungan Tambahan

Semua variabel berkenaan dengan sambungan spesifik yang ditinjau, seperti yang ditetapkan oleh Lembaga Pemeriksa Prakualifikasi Sambungan yang disepakati.

5. Prosedur Desain

Prosedur desain lanjutan harus tersedia untuk sambungan teruji. Prosedur desain harus membahas semua keadaan batas yang berlaku dalam batas-batas prakualifikasi.

6. Catatan Prakualifikasi

Sambungan teruji harus disediakan dengan catatan prakualifikasi yang tertulis dengan informasi yang berikut:

- (1) Deskripsi umum sambungan teruji dan penggambaran secara jelas persamaan fitur kunci dan komponen sambungan
- (2) Deskripsi perilaku ekspektasi dari sambungan dalam rentang elastis dan inelastik dari perilaku, dimaksudkan lokasi dari aksi inelastik, dan deskripsi dari keadaan batas pengendalian kekuatan dan kapasitas deformasi sambungan
- (3) Daftar dimana sambungan teruji dapat digunakan untuk: RMK, RMM, atau RTE
- (4) Daftar batasan semua variabel uji prakualifikasi yang dijelaskan dalam Pasal K1.4
- (5) Daftar *las kritis-perlu*
- (6) Definisi daerah sambungan yang terdiri dari *zona terlindung*
- (7) Deskripsi detail dari prosedur desain sambungan, seperti disyaratkan dalam Pasal K1.5
- (8) Daftar referensi laporan pengujian, laporan penelitian dan publikasi lainnya yang memberikan dasar prakualifikasi

(9) Ringkasan prosedur pengendalian kualitas dan penjaminan mutu

K2. PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI SAMBUNGAN BALOK-KE-KOLOM DAN ELEMEN PERANGKAI-KE-KOLOM

1. Ruang Lingkup

Pasal ini mencakup persyaratan untuk pengujian siklik kualifikasi sambungan momen balok-ke-kolom secara khusus dan rangka momen menengah dan sambungan elemen perangkai-ke-kolom pada *rangka terbreis eksentris*, bila disyaratkan dalam Standar ini. Tujuan pengujian yang dijelaskan dalam pasal ini dengan bukti yang tersedia bahwa sambungan balok-ke-kolom atau sambungan elemen perangkai-ke-kolom memenuhi persyaratan untuk kekuatan dan *sudut simpangan tingkat* atau *sudut rotasi elemen perangkai* pada Standar ini. Alternatif untuk persyaratan uji diizinkan apabila disetujui oleh *insinyur profesional bersertifikat* dan *pihak yang berwenang*.

Pasal ini memberikan rekomendasi minimum untuk kondisi uji sederhana.

2. Persyaratan *Subassemblage* (Bagian Struktur yang Diuji)

Bagian struktur yang diuji harus sedekat mungkin menyerupai kondisi yang akan terjadi pada *prototipe* selama pembebanan gempa. Bagian struktur yang diuji harus mencakup fitur yang berikut:

- (1) *Spesimen uji* harus terdiri dari paling sedikit sebuah kolom tunggal dengan balok atau elemen perangkai yang disambungkan ke satu sisi atau kedua sisi dari kolom.
- (2) Titik belok pada bagian struktur yang diuji harus kira-kira sama dengan titik belok yang diantisipasi pada *prototipe* akibat beban gempa
- (3) Breising lateral pada bagian struktur yang diuji diizinkan berada didekat beban yang bekerja atau titik reaksi seperti yang diperlukan untuk memberi stabilitas lateral dari bagian struktur yang diuji. Breising lateral tambahan dari bagian struktur yang diuji tidak diizinkan, kecuali breising tersebut mereplika breising lateral yang digunakan pada *prototipe*.

3. Variabel Pengujian Sifat-sifat Dasar

Spesimen uji harus meniru sedekat praktis desain yang tepat, pendetailan, fitur konstruksi, dan properti material *prototipe*. Variabel yang berikut harus direplika pada spesimen uji.

3a. Sumber Rotasi Inelastis

Rotasi inelastis harus dihitung berdasarkan suatu analisis deformasi spesimen uji. Sumber rotasi inelastis mencakup pelelehan komponen struktur, pelelehan elemen sambungan dan konektor, dan slip antara komponen struktur dan elemen sambungan. Untuk sambungan momen balok-ke-kolom yang khusus dan rangka momen menengah, rotasi inelastis dihitung berdasarkan asumsi bahwa aksi inelastis terpusat pada titik tunggal dilokasi berada pada perpotongan sumbu balok dengan sumbu kolom. Untuk sambungan elemen perangkai-ke-kolom pada *rangka terbreis eksentris*, rotasi inelastis harus dihitung berdasarkan asumsi bahwa aksi inelastis terpusat berada

pada titik tunggal yang terletak pada perpotongan dari sumbu elemen perangkai dengan muka kolom.

Rotasi inelastis harus disalurkan pada spesimen uji dengan aksi inelastis pada komponen struktur dan elemen sambungan yang sama seperti yang diantisipasi pada prototipe (dengan kata lain, pada balok atau elemen perangkai, pada zona panel kolom, pada kolom diluar zona panel, atau pada elemen sambungan) di dalam batas yang dijelaskan di bawah ini. Prosentase rotasi inelastis total pada spesimen uji yang disalurkan pada setiap komponen struktur atau elemen sambungan harus berada di 25 % dari prosentase yang diantisipasi dari rotasi inelastis total pada prototipe yang disalurkan pada komponen struktur dan elemen sambungan yang sama.

3b. Ukuran Komponen Struktur

Ukuran balok atau elemen perangkai yang digunakan pada spesimen uji harus tidak lebih dari batas yang berikut:

- (1) Tinggi balok uji atau elemen perangkai yang diuji tidak boleh kurang dari 90 % dari tinggi prototipe balok atau tinggi elemen perangkai.
- (2) Berat per *foot* atau per meter dari balok uji atau elemen perangkai yang diuji tidak boleh kurang dari 75 % dari berat per *foot* atau per meter balok prototipe atau elemen perangkai prototipe.

Ukuran kolom yang digunakan pada spesimen uji harus dengan tepat mewakili aksi inelastik pada kolom, seperti persyaratan dalam Pasal K2.3a. Selain itu, tinggi kolom uji tidak boleh kurang dari 90 % dari tinggi kolom prototipe.

Ekstrapolasi yang melebihi batas yang dijelaskan dalam pasal ini, diizinkan dengan melakukan pemeriksaan ulang yang memenuhi syarat dan disetujui oleh pihak yang berwenang.

Catatan: Berdasarkan kriteria yang di atas, tinggi balok dan tinggi kolom yang meningkat dan mencakup 11 % lebih tinggi dari yang diuji harus diizinkan untuk prototipe. Berat per *foot* atau per meter dari balok atau elemen perangkai yang meningkat dan mencakup 33 % lebih besar dari yang diuji harus diizinkan untuk prototipe.

3c. Detail Sambungan

Detail sambungan yang digunakan pada spesimen uji harus mewakili detail sambungan prototipe sedekat mungkin. Elemen sambungan yang digunakan pada spesimen uji harus mewakili skala penuh elemen sambungan yang digunakan pada prototipe, untuk ukuran komponen struktur sedang diuji.

3d. Pelat Penerus

Ukuran dan detail sambungan pelat penerus yang digunakan pada spesimen uji harus proporsional untuk mencocokkan ukuran dan detail sambungan pelat penerus yang digunakan pada sambungan prototipe.

3e. Kekuatan Baja

Persyaratan tambahan yang berikut harus dipenuhi untuk setiap komponen struktur atau penyambung elemen spesimen uji yang memasok rotasi inelastik dengan pelelehan:

- (1) Kekuatan leleh harus ditentukan seperti disyaratkan Pasal K2.6a. Penggunaan nilai tegangan leleh yang dilaporkan pada laporan uji material bersertifikat sebagai pengganti uji fisik tidak boleh digunakan untuk tujuan pasal ini.
- (2) Kekuatan leleh sayap balok yang diuji menurut Pasal K2.6a tidak boleh lebih dari 15 % di bawah $R_y F_y$ untuk mutu baja yang digunakan pada elemen yang sesuai dari prototipe.
- (3) Kekuatan leleh kolom dan elemen penyambung tidak boleh lebih dari 15 % di atas atau di bawah $R_y F_y$ untuk mutu baja yang digunakan pada elemen yang sesuai prototipe. $R_y F_y$ harus ditentukan sesuai dengan Pasal A3.2.

Catatan: Berdasarkan kriteria di atas, baja dengan mutu yang disyaratkan F_y meningkat dan mencakup 1,15 kali $R_y F_y$ untuk baja yang diuji harus diizinkan sebagai prototipe. Dalam produksi, batas ini harus diperiksa dengan menggunakan nilai yang dinyatakan pada laporan uji material pabrik baja.

3f. Joint Las

Las-las pada spesimen uji harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Pengelasan harus dilakukan menurut Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPP) seperti disyaratkan dalam AWS D1.1/D1.1M. Variabel sifat-sifat dasar SPP harus memenuhi persyaratan AWS D1.1/D1.1M dan harus di dalam parameter yang ditetapkan oleh pabrik pembuat logam pengisi. Kekuatan tarik dan kekerasan takik charpy V dari las yang digunakan dalam *pengujian rakitan* harus ditentukan oleh pengujian-pengujian seperti yang disyaratkan Pasal K2.6c, dibuat menggunakan klasifikasi logam pengisi yang sama, pabrik pembuat yang sama, merek atau nama dagang yang sama, diameter yang sama, dan *input heat* rata-rata yang sama untuk SPP yang digunakan pada spesimen uji. Penggunaan kekuatan tarik dan nilai kekerasan takik charpy V yang dilaporkan pada sertifikat tipikal produsen tentang kesesuaian sebagai pengganti pengujian fisik dilarang untuk tujuan pasal ini.
- (2) Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari logam pengisi yang digunakan untuk spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las pada prototipe yang sama. Kekuatan tarik deposit las yang diuji menurut Pasal K2.6c tidak boleh melebihi klasifikasi kekuatan tarik dari logam pengisi yang disyaratkan untuk prototipe dengan lebih dari 25 ksi (172 MPa)

Catatan: Berdasarkan kriteria pada (2) di atas, harus diuji kekuatan tarik dari logam las yang melebihi 25 ksi (172 MPa) atas kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, pengelasan prototipe harus dibuat dengan logam pengisi dan SPP yang akan memberikan kekuatan tarik tidak kurang dari 25 ksi (172 MPa) di bawah kekuatan tarik yang diukur dalam *bahan pelat uji*. Bila ini adalah kasus, kekuatan tarik lasan yang dihasilkan dari penggunaan logam pengisi dan SPP yang digunakan dalam prototipe harus ditentukan dengan menggunakan spesimen tarik logam las seluruhnya. Pengujian pelat dijelaskan pada AWS D1.8/D1.8M ayat A6 dan diperlihatkan pada AWS D1.8/D1.8M Gambar A.1.

- (3) Kekerasan takik charpy V minimum yang disyaratkan logam pengisi yang digunakan untuk spesimen uji tidak boleh melebihi yang digunakan untuk las pada prototipe yang sesuai. Kekerasan takik charpy V yang diuji dari las seperti

yang diuji sesuai dengan Pasal K2.6c tidak boleh melebihi kekerasan takik charpy V minimum yang disyaratkan untuk prototipe dengan lebih dari 50 %, juga tidak 25 ft-lbs (34 kJ), pilih yang terbesar.

Catatan: Berdasarkan kriteria pada (3) di atas, harus diuji kekerasan CVN dari logam las pada spesimen uji bahan melebihi kekerasan CVN yang disyaratkan untuk *spesimen uji* dengan 25 ft-lbs (34 kJ) atau 50 %, pilih yang terbesar, las prototipe harus dibuat dengan logam pengisi dan WPS yang akan memberi suatu kekerasan CVN yang tidak kurang dari 25 ft-lbs (34 kJ) atau 33 % terendah, pilih yang terendah, di bawah kekerasan CVN diukur pada *pelat uji bahan*. Bila ini adalah kasus, sifat las yang dihasilkan dari logam pengisi dan SPP yang akan digunakan pada prototipe harus ditentukan dengan menggunakan lima spesimen uji CVN. Pelat uji yang dijelaskan pada AWS D1,8/1,8 M pasal A6 dan diperlihatkan pada AWS D1,8/D1,8M Gambar A.1.

- (4) Posisi pengelasan yang digunakan untuk membuat las pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las prototipe tersebut.
- (5) Detail las pendukung, las titik, lubang akses, dan bagian yang serupa untuk las spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las prototipe yang sesuai. Las pendukung dan las titik tidak boleh dihilangkan dari las spesimen uji kecuali sesuai dengan las pendukung tersebut dan las titik dihilangkan dari las prototipe.
- (6) Metoda pemeriksaan dan pengujian non-destruktif dan standar penerimaan yang digunakan untuk las spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk las prototipe.

Catatan: Logam pengisi yang digunakan untuk produksi dari prototipe adalah diizinkan memiliki klasifikasi berbeda, pabrik pembuat berbeda, merek dan nama dagang berbeda, dan diameter berbeda, asalkan Pasal K2.3f(2) dan K2.3f(3) dipenuhi. Pengujian kualitas terhadap alternatif logam pengisi harus dilakukan seperti dijelaskan pada Pasal K2.6c.

3g. Joint Baut

Bagian-bagian yang di baut dari spesimen uji harus meniru sedekat mungkin bagian-bagian sambungan prototipe yang di baut. Tambahan, bagian-bagian yang baut dari spesimen uji harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Mutu baut (untuk contoh, ASTM A325, A325M, ASTM A490, A490M, ASTM F1852, ASTM F2280) yang digunakan pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk prototipe, kecuali bahwa baut segi enam besar diizinkan menjadi pengganti baut kontrol tarik *twist-off-type* memiliki kekuatan tarik minimum yang disyaratkan sama, dan sebaliknya.
- (2) Tipe dan orientasi lubang baut (standar, ukuran berlebih, slot pendek, slot panjang, atau lainnya) yang digunakan pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan untuk lubang baut yang sesuai pada prototipe.
- (3) Apabila rotasi inelastik disalurkan dengan pelelehan atau dengan slip didalam bagian yang di baut dari sambungan, metode yang digunakan untuk membuat lubang baut (pengeboran, dengan pemukulan dan pembesaran, atau lainnya) pada spesimen uji harus sama seperti yang digunakan pada lubang baut yang sesuai pada prototipe.
- (4) Baut-baut pada spesimen uji harus memiliki pemasangan yang sama (pra-tarik atau lainnya) dan persiapan permukaan pelekatan yang sama (tidak disyaratkan

ketahanan slip, ketahanan slip A atau B, atau lainnya) seperti yang digunakan untuk baut yang sesuai pada prototipe.

4. Riwayat Pembebanan

4a. Persyaratan Umum

Spesimen uji harus menahan beban siklik menurut persyaratan yang dijelaskan dalam Pasal K2.4b untuk sambungan momen balok-ke-kolom khusus dan rangka momen menengah, dan menurut persyaratan yang dijelaskan dalam Pasal K2.4c untuk sambungan elemen perangkat-ke-kolom pada rangka terbreis eksentris.

Urutan pembebanan selain dari yang disyaratkan dalam Pasal K2.4b dan K2.4c diizinkan digunakan bila urutan pembebanan ini bisa membuktikan adalah ekuivalen atau lebih baik.

4b. Urutan Pembebanan untuk Sambungan Momen Balok-ke-Kolom

Kualifikasi uji siklik sambungan momen balok-ke-kolom pada rangka momen khusus dan rangka momen menengah harus dilakukan dengan pengendalian sudut simpangan tingkat, θ , yang terjadi pada spesimen uji, seperti disyaratkan dibawah ini:

- (1) 6 siklus pada $\theta = 0,00375$ rad
- (2) 6 siklus pada $\theta = 0,005$ rad
- (3) 6 siklus pada $\theta = 0,0075$ rad
- (4) 4 siklus pada $\theta = 0,01$ rad
- (5) 2 siklus pada $\theta = 0,015$ rad
- (6) 2 siklus pada $\theta = 0,02$ rad
- (7) 2 siklus pada $\theta = 0,03$ rad
- (8) 2 siklus pada $\theta = 0,04$ rad

Pembebanan kontinu pada peningkatan $\theta = 0,01$ rad, dengan dua siklus pembebanan pada setiap langkah.

4c. Urutan Pembebanan untuk Sambungan Balok Perangkat-ke-Kolom

Kualifikasi uji siklik sambungan momen elemen perangkat-ke-kolom pada rangka terbreising eksentris harus dilakukan dengan pengendalian sudut rotasi elemen perangkat total, γ_{total} , yang terjadi pada spesimen uji, seperti berikut:

- (1) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,00375$ rad
- (2) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,005$ rad
- (3) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,0075$ rad
- (4) 6 siklus pada $\gamma_{total} = 0,01$ rad
- (5) 4 siklus pada $\gamma_{total} = 0,015$ rad

- (6) 4 siklus pada $\gamma_{total} = 0,02$ rad
- (7) 2 siklus pada $\gamma_{total} = 0,03$ rad
- (8) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,04$ rad
- (9) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,05$ rad
- (10) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,07$ rad
- (11) 1 siklus pada $\gamma_{total} = 0,09$ rad

Pembebanan kontinu pada peningkatan $\gamma_{total} = 0,02$ rad, dengan satu siklus pembebanan pada setiap langkah.

5. Peralatan

Peralatan yang memadai harus disediakan pada spesimen uji untuk memungkinkan pengukuran atau perhitungan kuantitas yang dijelaskan dalam Pasal K2.7.

6. Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material

6a. Persyaratan Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural

Pengujian tarik harus dilakukan pada contoh uji yang diambil dari pelat uji material menurut Pasal K2.6b. Pelat uji material harus diambil dari baja yang sama seperti yang digunakan pada *spesimen uji*. Hasil uji tarik dari laporan uji material yang bersertifikat harus dilaporkan, tetapi tidak boleh digunakan sebagai pengganti pengujian fisik untuk tujuan dari pasal ini. Pengujian tarik harus dilakukan dan dilaporkan untuk bagian-bagian spesimen uji yang berikut:

- (1) Sayap dan badan dari balok dan kolom pada lokasi standar
- (2) Tiap elemen sambungan yang memasok rotasi inelastik akibat pelelehan

6b. Metode Pengujian Tarik untuk Spesimen Material Baja Struktural

Pengujian tarik harus dilakukan menurut ASTM A6/A6M, ASTM A370, dan ASTM E8, dengan pengecualian yang berikut:

- (1) Kekuatan leleh, F_y , laporan dari hasil uji harus berdasarkan definisi kekuatan leleh pada ASTM A370, menggunakan metode offset pada regangan 0,002 in./in..
- (2) Laju pembebanan untuk uji tarik harus ditiru, sedekat praktis, laju pembebanan yang digunakan untuk spesimen uji.

6c. Persyaratan Pengujian untuk Spesimen Material Metal Las

Pengujian metal las harus dilakukan pada contoh uji yang dikeduk dari pelat uji material, dibuat dengan menggunakan klasifikasi logam pengisi yang sama, produsen yang sama, merek atau nama dagang dan diameter yang sama, dan menggunakan *input heat* rata-rata yang sama seperti digunakan pada pengelasan spesimen uji. Kekuatan tarik dan kekerasan CVN spesimen bahan lasan harus ditentukan sesuai dengan *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds* (AWS B4.0). Penggunaan

kekuatan tarik dan nilai kekerasan CVN dilaporkan pada sertifikat tipikal produsen tentang kesesuaian sebagai pengganti pengujian fisik harus dilarang untuk digunakan dalam pasal ini.

SPP yang sama harus digunakan untuk membuat spesimen uji dan pelat uji material. Pelat uji material harus menggunakan logam dasar dari mutu dan tipe yang sama seperti yang digunakan untuk spesimen uji, walaupun *heat* yang sama tidak perlu digunakan. Jika *input heat* rata-rata digunakan untuk pembuatan pelat uji material tidak berada pada $\pm 20\%$ dari yang digunakan untuk spesimen uji, pelat uji material yang baru harus dibuat dan diuji.

7. Persyaratan Pelaporan Pengujian

Untuk setiap spesimen uji, laporan pengujian tertulis yang memenuhi persyaratan dari pihak yang berwenang dan persyaratan pasal ini harus dipersiapkan. Laporan harus didokumentasikan untuk semua fitur utama dan hasil pengujian. Laporan harus mencakup informasi yang berikut:

- (1) gambar atau deskripsi yang jelas dari uji *subassembly*, termasuk dimensi kunci, kondisi pembatas pada pembebanan dan titik reaksi, dan lokasi dari Breising lateral.
- (2) gambar dari ukuran komponen struktur yang menunjukkan detail sambungan, mutu baja, ukuran semua elemen sambungan, detail pengelasan termasuk logam pengisi, ukuran dan lokasi lubang baut, ukuran dan mutu baut, dan semua detail yang berkaitan lainnya dari sambungan.
- (3) daftar semua variabel penting lainnya untuk spesimen uji, seperti dijelaskan dalam Pasal K2.3
- (4) daftar atau plot yang menunjukkan penerapan beban atau riwayat perpindahan spesimen uji
- (5) daftar semua las yang ditunjuk *kritis diperlukan*
- (6) definisi daerah komponen struktur dan sambungan yang ditunjuk *zona terlindung*
- (7) alur beban yang diterapkan versus perpindahan spesimen uji. Perpindahan yang dilaporkan pada alur harus diukur pada dekat titik penerapan beban. Lokasi pada spesimen uji dimana beban dan perpindahan yang diukur harus ditunjuk secara jelas.
- (8) alur momen balok versus sudut simpangan tingkat untuk sambungan momen balok-ke-kolom; atau plot gaya geser elemen perangkat versus sudut rotasi elemen perangkat untuk sambungan elemen perangkat-ke-kolom. Untuk sambungan balok-ke-kolom, momen balok dan sudut simpangan tingkat harus dihitung dengan respek terhadap sumbu kolom.
- (9) sudut simpangan tingkat dan rotasi inelastik total disalurkan oleh spesimen uji. Komponen spesimen uji berkontribusi terhadap rotasi inelastis total akibat pelelehan atau slip harus diidentifikasi. Bagian rotasi inelastis total kontribusi setiap komponen spesimen uji harus dilaporkan. Metode yang digunakan untuk menghitung rotasi inelastis harus ditunjukkan secara jelas.

- (10) daftar kronologi pengamatan uji yang signifikan, termasuk pengamatan pelelehan, slip, ketidakstabilan, dan retak dari setiap bagian spesimen uji yang sesuai.
- (11) pengontrolan mode kegagalan untuk spesimen uji. Jika pengujian dihentikan sebelum kegagalan, penyebab untuk penghentian uji harus ditunjukkan secara jelas.
- (12) Hasil pengujian spesimen bahan yang disyaratkan Pasal K2.6.
- (13) Spesifikasi Prosedur Pengelasan (SPP) dan laporan pemeriksaan pengelasan.

Gambar, data, dan diskusi spesimen uji tambahan atau hasil uji diizinkan dimasukkan dalam laporan.

8. Kriteria Penerimaan

Spesimen uji harus memenuhi kekuatan dan sudut simpangan tingkat atau persyaratan sudut rotasi elemen perangkat dari ketentuan ini untuk *rangka momen khusus*, *rangka momen menengah*, atau sambungan *rangka terbreis eksentris*, yang sesuai. Spesimen uji harus mempertahankan sudut simpangan tingkat yang disyaratkan atau sudut rotasi elemen perangkat yang disyaratkan untuk paling sedikit satu *siklus pembebanan lengkap*.

K3. PENGUJIAN SIKLIK UNTUK KUALIFIKASI BREIS PENAHAN TEKUK

1. Ruang Lingkup

Pasal ini mencakup persyaratan untuk kualifikasi uji siklik dari masing-masing *breis penahan-tekuk* dan *subassemblage* breis penahan-tekuk, bila disyaratkan pada ketentuan ini. Maksud pengujian masing-masing breis adalah memberi kepercayaan bahwa breis penahan-tekuk memenuhi persyaratan untuk kekuatan dan deformasi inelastis oleh ketentuan ini; hal ini juga mengizinkan penentuan gaya breis maksimum untuk desain elemen yang berdekatan. Maksud dari pengujian subassemblage breis adalah memberi kepercayaan bahwa desain-breis dapat mengakomodasi secara memuaskan deformasi dan rotasi perlu sesuai dengan desain. Selanjutnya, pengujian *bagian struktur yang diuji* adalah dimaksudkan untuk membuktikan bahwa perilaku histeretik breis pada *bagian struktur yang diuji* adalah konsisten dengan masing-masing elemen breis yang diuji uniaksial.

Persyaratan uji alternatif diizinkan bila disetujui oleh *insinyur profesional bersertifikat* dan *pihak yang berwenang*. Pasal ini hanya memberikan rekomendasi minimum untuk kondisi uji sederhana.

2. Spesimen Uji Subassemblage (Bagian Struktur yang Diuji)

Spesimen uji subassemblage harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Mekanisme untuk mengakomodasi rotasi inelastis pada breis spesimen uji subassemblage harus sama seperti yang *prototipe*. Kebutuhan deformasi rotasi pada breis spesimen uji subassemblage harus sama dengan atau lebih besar dari prototipe.

- (2) Kekuatan leleh aksial *inti baja*, $P_{y_{sc}}$, dari breis pada spesimen uji subassemblage tidak boleh kurang dari yang dari prototipe dimana kedua kekuatan berdasarkan luas inti, A_{sc} , dikalikan dengan kekuatan leleh seperti ditentukan dari uji kupon.
- (3) Bentuk dan orientasi penampang melintang proyeksi inti baja dari breis spesimen uji subassemblage harus sama seperti yang dari breis pada prototipe.
- (4) Metodologi desain yang didokumentasikan sama harus digunakan untuk desain dari subassemblage seperti yang digunakan untuk prototipe, mengikuti perbandingan kebutuhan deformasi rotasi pada breis subassemblage pada prototipe. Pada penghitungan stabilitas, balok, kolom dan buhul yang tersambung inti harus dipertimbangkan sebagai bagian dari sistem ini.
- (5) Margin keamanan dihitung untuk desain sambungan prototipe, stabilitas proyeksi inti baja, tekuk keseluruhan dan lainnya relevan detail konstruksi breis spesimen uji subassemblage, tidak termasuk pelat buhul, untuk prototipe, harus sama atau melebihi konstruksi spesimen uji.
- (6) Breising lateral spesimen uji subassemblage harus meniru breising lateral pada prototipe.
- (7) *Spesimen uji breis* dan prototipe harus diproduksi sesuai dengan pengendalian kualitas yang sama dan proses jaminan kualitas yang sama serta prosedur yang sama.

Ekstrapolasi yang melebihi batas yang dijelaskan dalam pasal ini, diizinkan dengan melakukan pemeriksaan ulang yang memenuhi syarat dan disetujui oleh pihak yang berwenang.

3. Spesimen Uji Breis

Spesimen uji breis harus meniru sedekat praktis desain yang bersangkutan, pendetailan, fitur konstruksi, dan properti material prototipe.

3a. Desain Spesimen Uji Breis

Metodologi desain yang sama yang didokumentasi harus digunakan untuk spesimen uji breis dan prototipe. Perhitungan desain harus dibuktikan sebagai syarat minimum, sebagai berikut:

- (1) Margin keamanan yang dihitung untuk stabilitas tekuk keseluruhan prototipe harus sama atau melebihi spesimen uji breis.
- (2) Margin keamanan yang dihitung untuk spesimen uji breis dan prototipe harus memperhitungkan perbedaan dalam properti material, termasuk tegangan leleh dan tegangan ultimate, elongasi ultimate, dan kekerasan.

3b. Pembuatan Spesimen Uji Breis

Spesimen uji breis dan prototipe harus diproduksi menurut pengendalian mutu yang sama dan proses penjaminan mutu yang sama serta prosedur yang sama.

3c. Kesamaan Spesimen Uji Breis dan Prototipe

Spesimen uji breis harus memenuhi persyaratan yang berikut:

- (1) Profil dan orientasi dari inti baja harus sama seperti prototipe.
- (2) Kekuatan leleh aksial inti baja, $P_{y_{sc}}$, dari spesimen uji breis tidak boleh kurang dari 50 %, tidak lebih dari 120 % dari prototipe dimana kedua kekuatan adalah berdasarkan luas inti, A_{sc} , dikalikan dengan kekuatan leleh seperti ditentukan dari uji kupon.
- (3) Material untuk, dan metode dari, pemisahan antara inti baja dan mekanisme pengekan tekuk pada spesimen uji breis harus sama seperti yang di prototipe.

Ekstrapolasi diluar pembatasan yang tercantum dalam pasal ini harus diizinkan, apakah sesuai dengan material pembanding dan disetujui oleh pihak yang berwenang.

3d. Detail Sambungan

Detail sambungan yang digunakan dalam spesimen uji breis harus mewakili detail sambungan prototipe sedekat praktis.

3e. Material

(1) Inti Baja

Persyaratan berikut harus dipenuhi untuk inti baja dari spesimen uji breis:

- (a) Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari inti baja spesimen uji breis harus sama seperti yang prototipe.
- (b) Tegangan leleh bahan yang diukur dari inti baja dalam spesimen uji breis harus paling sedikit 90 % dari prototipe seperti ditentukan dari uji kupon.
- (c) Tegangan ultimate minimum yang disyaratkan dan regangan dari inti baja spesimen uji breis tidak boleh melampaui prototipe.

(2) Mekanisme Pengekang-Tekuk

Material yang digunakan dalam mekanisme pengekan-tekuk dari spesimen uji breis harus sama seperti yang digunakan dalam prototipe.

3f. Sambungan

Joint las, baut, dan paku pada *spesimen uji* harus meniru sedekat praktis yang dilakukan pada prototipe.

4. Riwayat Pembebanan

4a. Persyaratan Umum

Spesimen uji harus memikul beban siklik menurut persyaratan yang dijelaskan dalam Pasal K3.4b dan K3.4c. Tambahan peningkatan beban diluar yang dijelaskan dalam

Pasal K3.4c diizinkan. Setiap siklus harus mencakup tarik penuh dan tekan penuh dengan deformasi yang ditentukan.

4b. Pengawasan Pengujian

Pengujian harus dilakukan dengan cara mengontrol level deformasi aksial atau deformasi rotasi, Δ_b , dilakukan pada spesimen uji. Sebagai suatu alternatif, deformasi rotasi maksimum diizinkan untuk digunakan dan dipertahankan sebagai peraturan yang berlaku yang harus diikuti untuk deformasi aksial.

4c. Urutan Pembebanan

Beban harus diterapkan pada spesimen uji untuk menghasilkan deformasi yang berikut, dimana deformasi adalah deformasi aksial inti baja untuk spesimen uji dan kebutuhan deformasi rotasi untuk *breising spesimen uji subassemblage*:

- (1) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = \Delta_{by}$.
- (2) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 0,50\Delta_{bm}$.
- (3) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 1\Delta_{bm}$.
- (4) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 1,5\Delta_{bm}$.
- (5) Pembebanan 2 siklus pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 2\Delta_{bm}$.
- (6) Siklus lengkap tambahan dari pembebanan pada deformasi yang sesuai dengan $\Delta_b = 1,5\Delta_{bm}$ seperti yang disyaratkan untuk spesimen uji breis yang memikul deformasi aksial inelastis kumulatif paling sedikit 200 kali deformasi leleh (tidak disyaratkan untuk spesimen uji subassemblage).

dimana

Δ_{bm} = nilai dari kuantitas deformasi, Δ_b , sehubungan dengan simpangan tingkat desain, in. (mm)

Δ_{by} = nilai dari kuantitas deformasi, Δ_b , pada leleh signifikan pertama dari spesimen uji, in. (mm)

Simpangan tingkat desain tidak boleh diambil kurang dari 0,01 kali tinggi tingkat untuk tujuan perhitungan Δ_{bm} . Urutan pembebanan lainnya diizinkan digunakan pada spesimen uji yang memenuhi syarat bila spesimen tersebut menunjukkan keparahan yang sama atau lebih besar dalam deformasi inelastis maksimum dan kumulatif.

5. Instrumen

Instrumen yang cukup harus tersedia pada spesimen uji untuk melakukan pengukuran atau perhitungan kuantitas yang dijelaskan dalam Pasal K3.7.

6. Persyaratan Pengujian Material

6a. Persyaratan Pengujian Tarik

Pengujian tarik harus dilakukan pada contoh uji baja yang diambil dari heat baja yang sama seperti yang digunakan pada pabrik inti baja. Hasil uji tarik dari laporan uji material yang bersertifikat harus dilaporkan tetapi tidak boleh sebagai tempat pengujian spesimen material untuk tujuan pasal ini. Hasil uji tarik harus berdasarkan pengujian yang dilakukan menurut Pasal K3.6b.

6b. Metode Pengujian Tarik

Pengujian tarik harus dilakukan menurut ASTM A6, ASTM A370, dan ASTM E8, dengan pengecualian sebagai berikut:

- (1) Tegangan leleh yang dilaporkan dari pengujian harus berdasarkan kekuatan leleh yang didefinisikan dalam ASTM A370, menggunakan metode offset regangan 0,002 in./in.
- (2) Laju pembebanan untuk uji tarik harus mereplika, sedekat mungkin dengan laju pembebanan yang digunakan untuk pengujian spesimen.
- (3) *Coupon* (benda uji) harus dibuat dengan mesin sehingga sumbu longitudinalnya sejajar dengan sumbu longitudinal inti baja.

7. Persyaratan Pelaporan Pengujian

Untuk setiap spesimen uji, laporan uji tertulis yang memenuhi persyaratan pasal ini harus dipersiapkan. Laporan tersebut benar-benar harus mendokumentasikan semua fitur kunci dan hasil dari pengujian. Laporan harus mencakup informasi yang berikut:

- (1) Penggambaran atau deskripsi yang jelas dari spesimen uji, termasuk dimensi kunci, kondisi pembatas pada pembebanan dan titik reaksi, serta lokasi dari Breising lateral, jika ada.
- (2) Penggambaran detail sambungan yang menunjukkan ukuran komponen struktur, mutu baja, ukuran dari semua sambungan elemen, detail pengelasan termasuk logam pengisi, ukuran dan lokasi baut atau lubang-lubang paku, ukuran dan mutu konektor, dan semua detail lainnya berkaitan dengan sambungan.
- (3) Daftar dari semua variabel penting lainnya seperti dijelaskan dalam Pasal K3.2 atau K3.3, yang sesuai.
- (4) Daftar atau plot yang menunjukkan penerapan beban atau riwayat perpindahan.
- (5) Plot penerapan beban-deformasi, Δ_b . Metode yang digunakan untuk menentukan deformasi harus ditunjukkan secara jelas. Lokasi pada spesimen uji dimana beban dan deformasi yang diukur harus diidentifikasi secara jelas.
- (6) Daftar kronologis pengamatan pengujian yang signifikan, termasuk pengamatan dari pelelehan, slip, ketidakstabilan, perpindahan melintang sepanjang spesimen uji dan retak dari tiap bagian spesimen uji dan sambungan, yang sesuai.
- (7) Hasil dari uji spesimen material yang disyaratkan dalam Pasal K3.6.

- (8) Pengendalian kualitas pabrikan dan *rencana penjaminan mutu* digunakan untuk fabrikasi spesimen uji. Hal ini harus tercakup dengan spesifikasi prosedur pengelasan dan laporan pemeriksaan pengelasan.

Gambar, data, dan diskusi tambahan dari spesimen uji atau hasil uji diizinkan dimasukkan dalam laporan.

8. Kriteria Penerimaan

Paling sedikit satu pengujian bagian struktur yang diuji harus dilakukan sesuai persyaratan Pasal K3.2. Paling sedikit harus dilakukan satu pengujian breis dan memenuhi persyaratan Pasal K3.3. Semua pengujian di dalam rentang protokol yang disyaratkan harus memenuhi persyaratan berikut:

- (1) Plot menunjukkan beban yang diterapkan versus riwayat perpindahan, harus menunjukkan stabil, perilaku berulang dengan kekakuan meningkat positif.
- (2) Tidak boleh hancur, ketidakstabilan breis, atau kegagalan sambungan ujung breis.
- (3) Untuk pengujian breis, setiap siklus pada suatu deformasi yang lebih besar dari Δ_{by} gaya tarik dan gaya tekan maksimum tidak boleh lebih kecil dari *kekuatan nominal* dari inti.
- (4) Untuk pengujian breis, setiap siklus pada suatu deformasi yang lebih besar dari Δ_{by} rasio dari gaya tekan maksimum terhadap gaya tarik maksimum tidak boleh melampaui 1,3.

Kriteria penerimaan lainnya diizinkan diadopsi untuk spesimen uji breis atau spesimen uji bagian struktur asalkan lolos pemeriksaan kualitas dan disetujui oleh pihak yang berwenang.